Podstawy automatyki i robotyki

Robotyka

Katarzyna Zadarnowska

katarzyna.zadarnowska@pwr.edu.pl

8 czerwca 2025

Zakres materiału:

1. Roboty, robotyka, **roboty przemysłowe**,
2. Wybrane zagadnienia kinematyki i dynamiki robotów,
3. Planowanie ruchu robotów
4. Roboty specjalne, przykłady, rozwiązania i zastosowania.

Wprowadzenie

Co to jest robot?

A

B

C

D

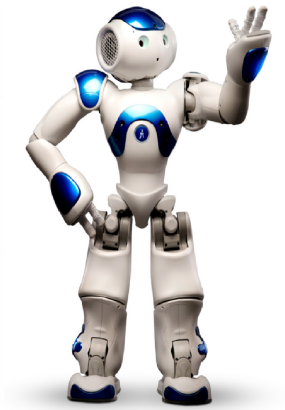
E

F

G

H

I



J

Wg Jacak, Tchoń

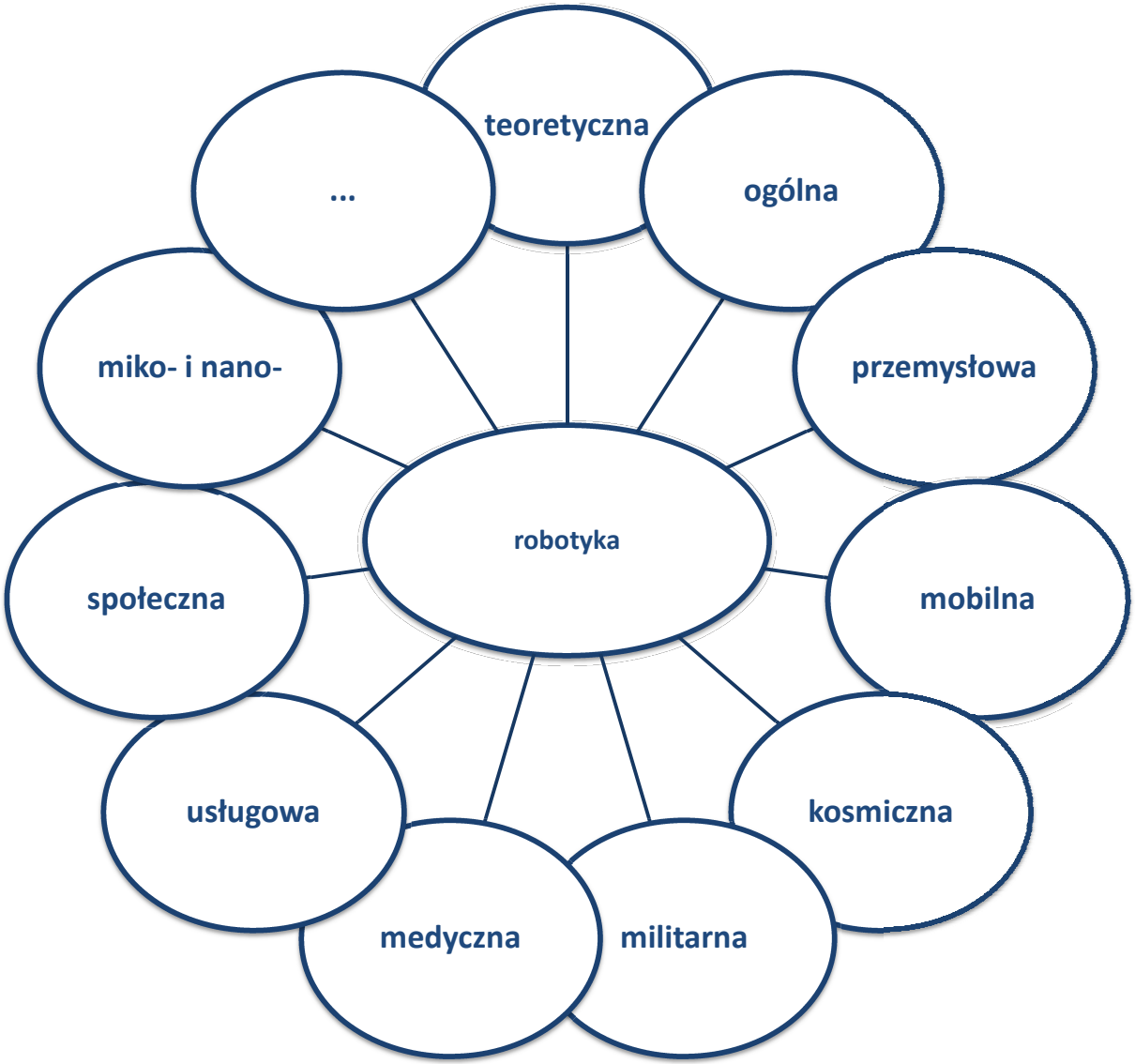
Robot jest automatycznie sterowaną, (re-)programowalną, wielozadaniową maszyną manipulacyjną o wielu stopniach swobody, posiadająca własności manipulacyjne i lokomocyjne, stacjonarną lub mobilną, stosowaną do różnych celów przemysłowych i specjalnych.

Robotyka

Dziedzina nauki i techniki, zajmująca się problemami mechaniki, sterowania, programowania, projektowania, zastosowań i eksploatacji robotów i manipulatorów.

Robotyka

Podział



Tu jesteśmy

militarne humanoidalne

Karel Čapek, R.U.R (Rossum's Universal Robots), 1920

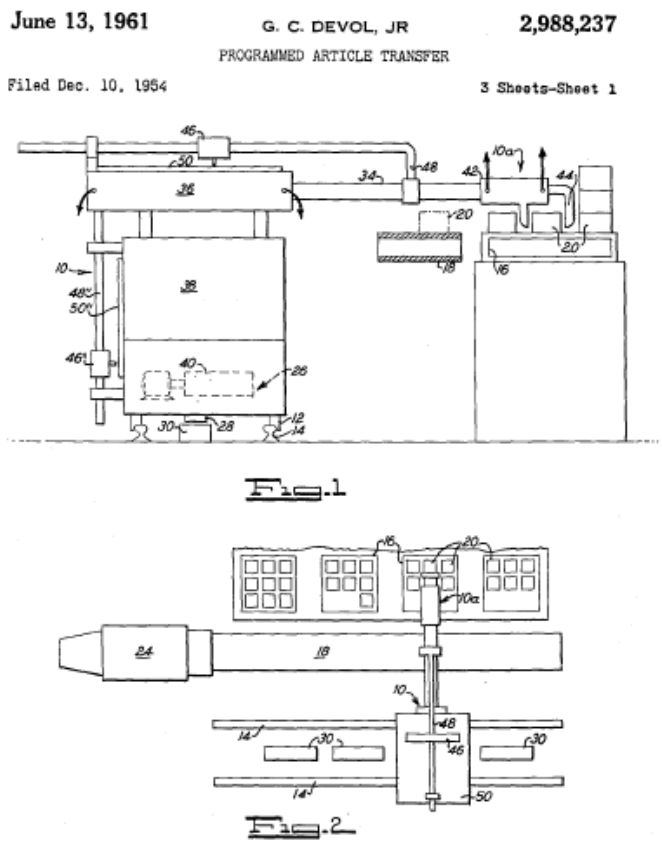
pojęcie *robot* – praca, służba przymusowa

Isaac Asimov, Runaround, Trzy prawa robotyki, 1942

1. Robot nie podejmie żadnej akcji skierowanej przeciw istocie ludzkiej, ani nie dopuści do jej zagrożenia poprzez zaniechanie akcji.
2. Robot będzie wypełniał rozkazy wydawane przez istoty ludzkie, chyba ze jest to sprzeczne z pierwszym prawem.
3. Robot będzie zapobiegał samodestrukcji dopóki nie jest to w sprzeczności z pierwszym lub drugim prawem.

1947 – powstaje pierwszy teleoperator z serwonapędem elektrycznym;

1954 – George Devol projektuje pierwszego programowalnego robota;


June 13, 1961 G. C. DEVOL, JR 2,988,237

PROGRAMMED ARTICLE TRANSFER

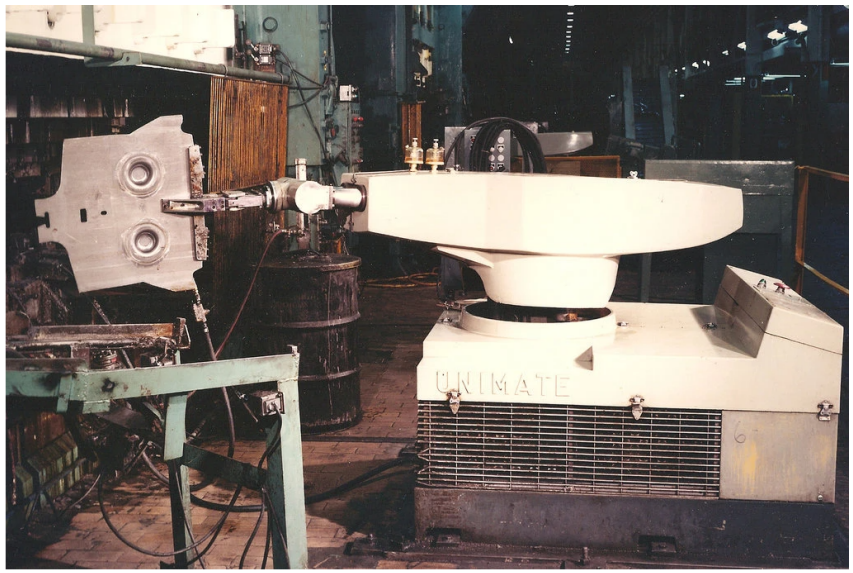
Filed Dec. 10, 1954 3 Sheets-Sheet 1

Fig. 1

Fig. 2

1956 – student fizyki na Columbia University, **Joseph Engelberger**, kupuje prawa od G. Devola i zakłada **Unimation Company**;

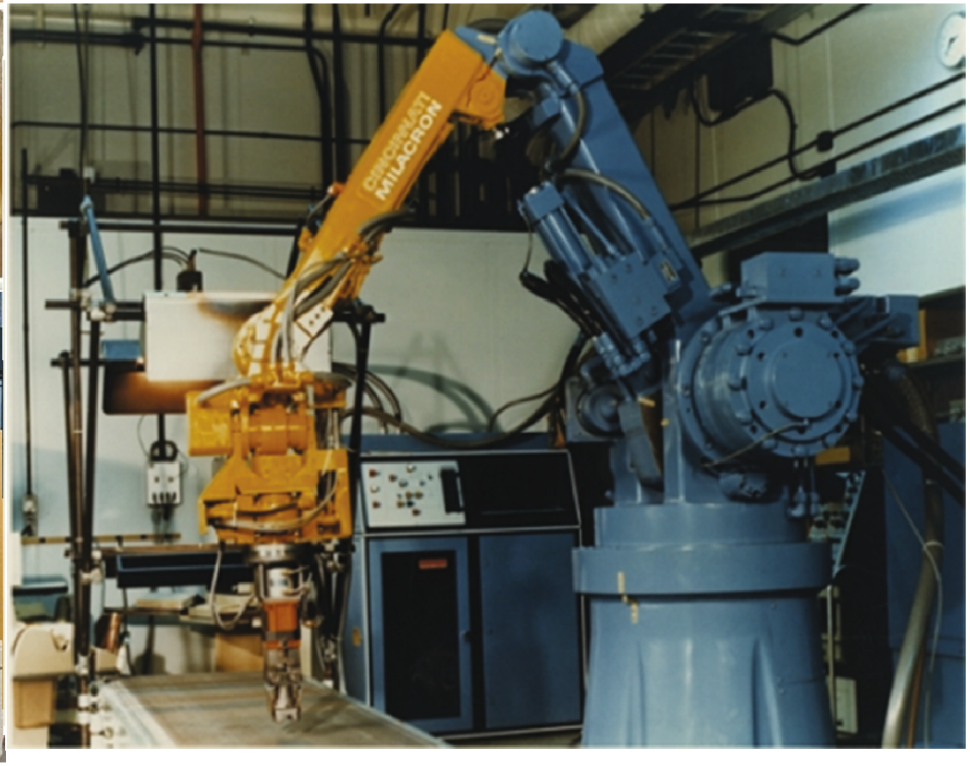
1961 – zainstalowanie pierwszego robota Unimate w fabryce General Motors w Trentou, New Jersey; Opracowanie pierwszego robota ze sprzężeniem zwrotnym od siły; zastosowanie przy obsłudze wysokociśnieniowej maszyny odlewniczej.



1971 – opracowanie w Stanford University robota **Stanford Arm**;

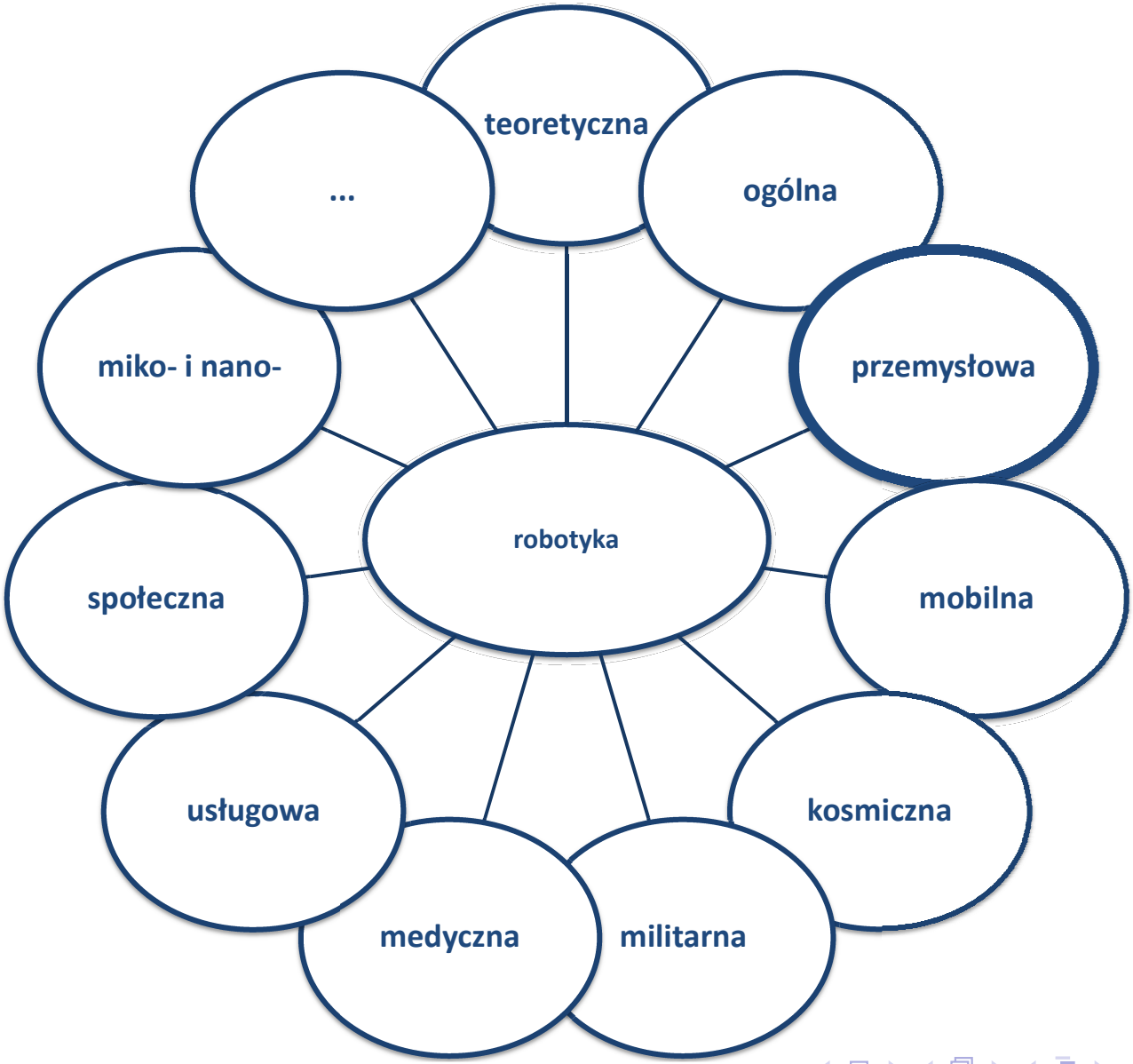
1974 – opracowanie pierwszego robota sterowanego komputerowo przez firmę Cincinnati Milacron;

1978 – opracowanie przez Unimation robota **PUMA**;



Wprowadzenie

Robotyka



Robot przemysłowy

Definicja

Wg A. Moreckiego

Robot to urządzenie techniczne przeznaczone do realizacji niektórych czynności manipulacyjnych i lokomocyjnych człowieka, mające określony poziom energetyczny, informacyjny i sztucznej inteligencji (autonomii działania w pewnym otoczeniu).

Wg H.J. Warnecke

Robot to urządzenie przeznaczone do automatycznej manipulacji z możliwością wykonywania programowalnych ruchów względem kilku osi, zaopatrzone w chwytaki lub narzędzia i skonstruowane specjalnie do zastosowań w przemyśle.

Na początku lat 80-tych nastąpił rozwój standardów robotyki dla przemysłu

- głównie normy dotyczące bezpieczeństwa, tzw. Robot Safety Standard,
- norma ISO 8373 – wprowadza definicje pojęć i odpowiadających im terminów dotyczących robotów przemysłowych i manipulatorów przemysłowych.

Wg normy ISO 8373 (ISO 8373:2012 Robots and robotic devices - Vocabulary)

manipulacyjny robot przemysłowy jest automatycznie sterowaną, programowaną, wielozadaniową maszyną manipulacyjną o wielu stopniach swobody, posiadającą własności manipulacyjne lub lokomocyjne, stacjonarną lub mobilną, dla różnorodnych zastosowań przemysłowych.

Manipulacja

Tok czynności w przemysłowym procesie produkcyjnym, polegający na: uchwyceniu określonego obiektu manipulacji, transportowaniu, pozycjonowaniu lub orientowaniu tego obiektu względem przyjętej bazy, oraz przygotowujący ten obiekt do wykonywania na nim lub za jego pomocą operacji technologicznych.

Manipulator (przemysłowy)

Urządzenie przeznaczone do wspomagania lub całkowitego zastąpienia człowieka przy wykonywaniu czynności manipulacyjnych w przemysłowym procesie produkcyjnym, sterowane ręcznie lub automatycznie za pomocą własnego układu sterującego stałoprogramowanego lub zewnętrznego układu sterującego.

Robot przemysłowy

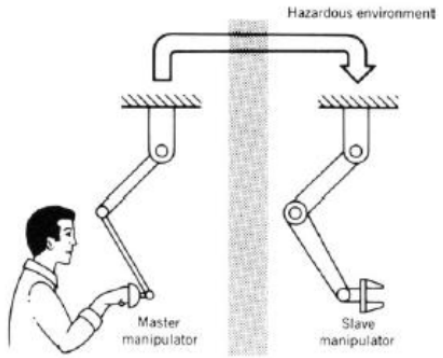
Manipulator vs. robot

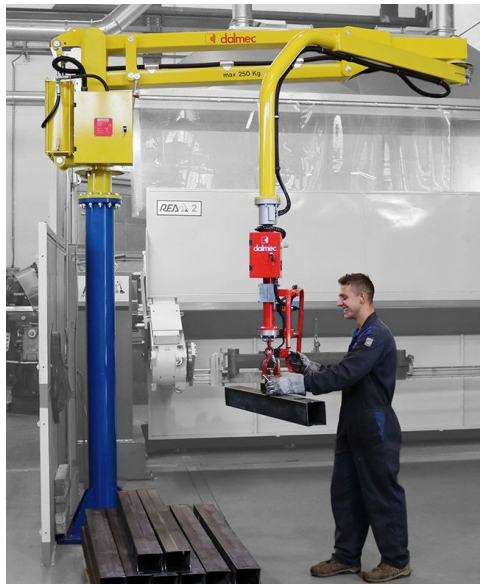
- manipulator (jako samodzielne urządzenie)
  - wykonuje zamknięty cykl ruchów powtarzalnych,
  - na ogół ma sztywny program (z reguły zmiana programu pracy manipulatora wymaga fizycznych zmian w jego konstrukcji),
  - sztywny program współpracy z ewentualnymi urządzeniami technologicznymi
- robot
  - może realizować wiele różnorodnych czynności manipulacyjnych za pomocą sygnałów generowanych w programowalnym układzie sterowania,
  - najczęściej czynności powtarzalne, ale mogące ulec zmianie w zależności od zmiany programu, stanu środowiska lub podanej informacji,
  - cykl ruchów manipulacyjnych lub (i) lokomocyjnych,
  - wykorzystanie układów wejść/wyjść dla współpracy z urządzeniami technologicznymi, układami sensorów, systemami komunikacji.

Robot przemysłowy

Manipulatory

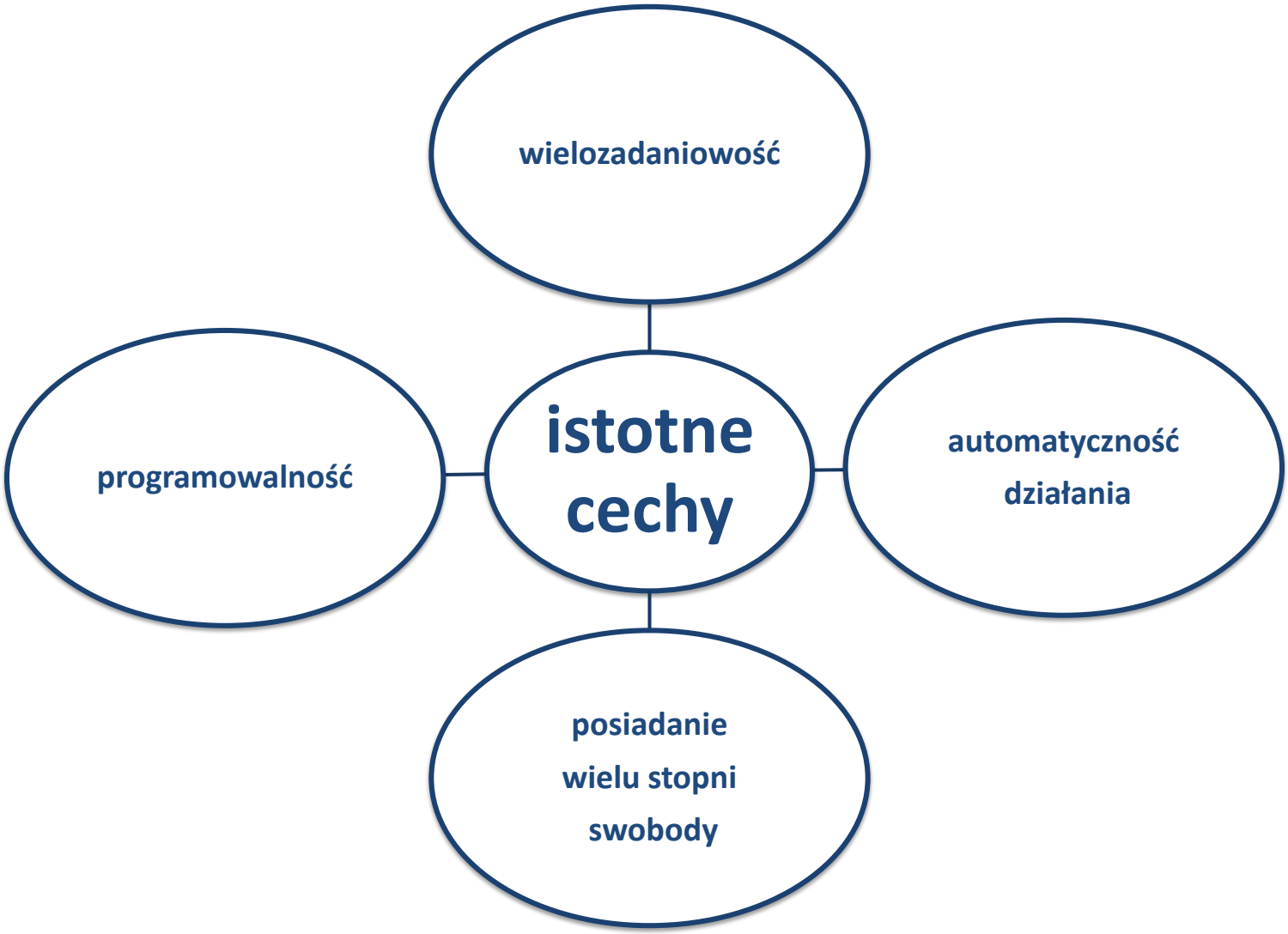
- manipulator automatyczny – urządzenie o niezmiennym programie, wykonywanych ruchów.
- manipulator zdalny (teleoperator) – manipulator posiadający własny napęd i zdalnie sterowany przez operatora – człowieka,
- manipulator ręczny – manipulator wprawiany w ruch siłą mięśni operatora.





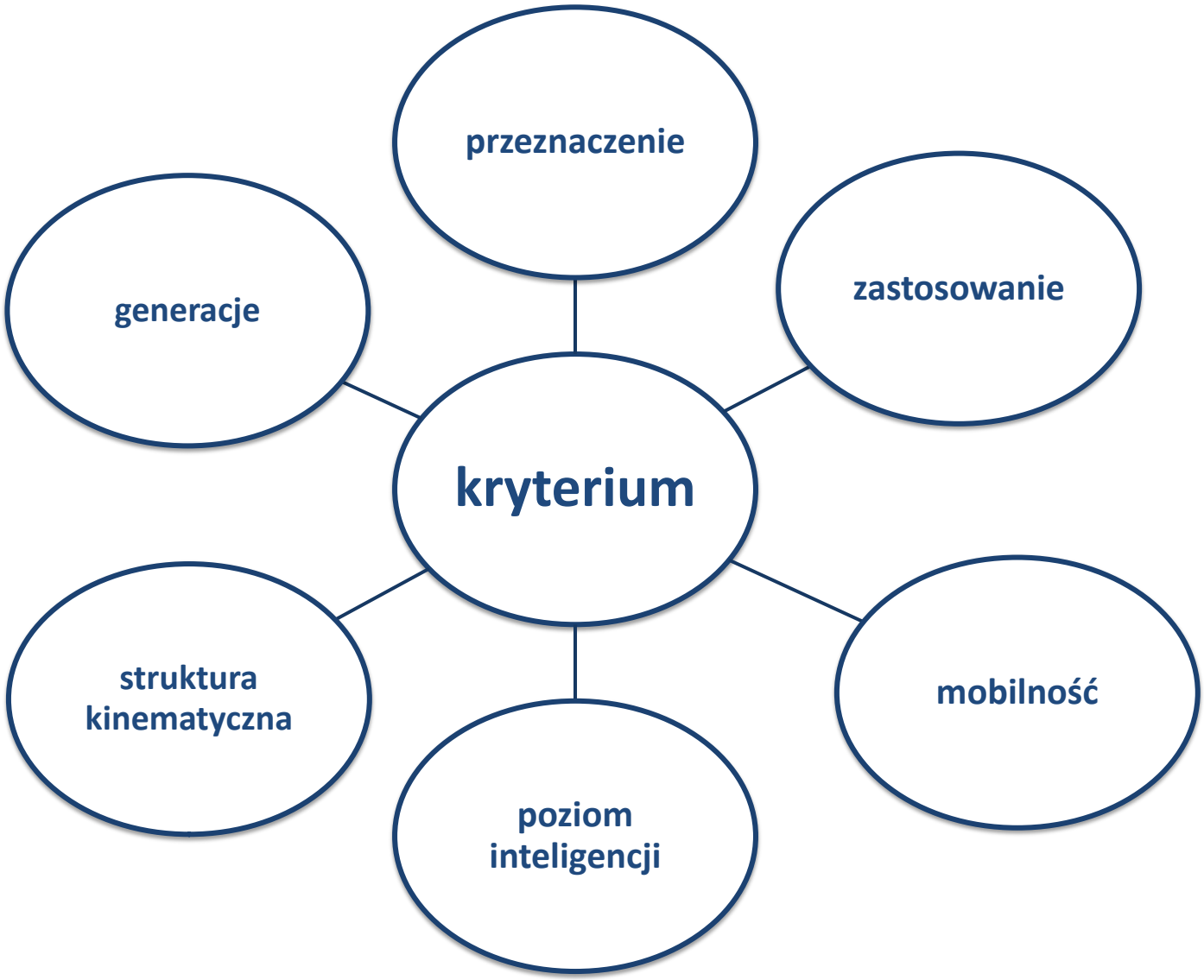
Robot przemysłowy

Istotne cechy



Podział robotów

Różne kryteria



Klasyfikacja robotów

Przeznaczenie

do celów przemysłowych

- klasa robotów do celów przemysłowych skupia wszystkie roboty wykorzystywane w fabrykach do transportu, produkcji i kontroli jakości

do badań naukowych

- specyficzna klasa robotów, projektowanych i konstruowanych przez jednostki badawcze w celu wprowadzenia nowych i/lub dodatkowych rozwiązań, poszukiwania algorytmów sterowania, polepszających strukturęmanipulatora, układu sterowania i napędów,

do celów szkoleniowych

- tę klasę robotów cechuje innowacyjność rozwiązań. Przeznaczeniem robotów do celów szkoleniowych jest zapoznanie przyszłych techników i inżynierów z robotami, które mają zostać wdrożone w fabrykach produkcyjnych

do celów militarnych

- najczęstszym zastosowaniem w tej dziedzinie jest rozbrajanie bomb oraz drony,

nanoroboty

- urządzenia, które pozwalają na precyzyjną interakcję z obiektami w nanoskali

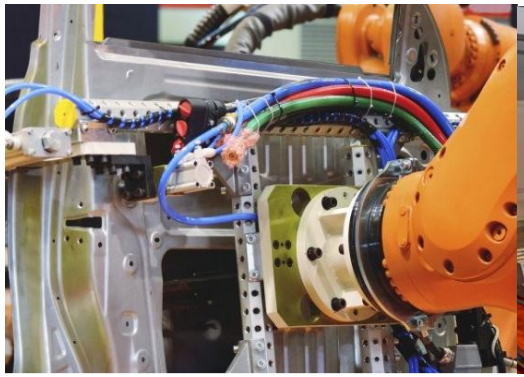
do celów rozrywkowych

do opieki

Klasyfikacja robotów

Zastosowanie

- roboty spawalnicze, malarskie, montażowe
- roboty do przenoszenia materiałów i załadunku
- roboty do operacji obróbkowych
- roboty do operacji diagnostycznych i pomiarowych
- roboty do utylizacji i zabezpieczania odpadów itd.



Klasyfikacja robotów

Mobilność

Mobilność

stacjonarne

- na stałe przymocowane do podłoża

mobilne

- różne rodzaje lokomocji

Rodzaje napędów

elektryczne

- najczęściej spotykane

pneumatyczne

- przy wykorzystaniu sprężonego powietrza lub innego gazu

hydrauliczne

- stosowane w przypadku pracy z dużym obciążeniem

Klasyfikacja robotów

Generacje

I generacja: roboty odtwarzające

- realizują zadane programy ruchowe, są zdolne do samodzielnego wykonywania i powtarzaniaprostych czynności, nie posiadają czujników i systemów sensorycznych

II generacja: roboty wyposażone w system sensoryczny

- dzięki czujnikom i/lub systemowi sensorycznemu roboty te mogą wykorzystywać informacje o dynamicznie zmieniającym się otoczeniu

III generacja: roboty wyposażone w system wizyjny

- i/lub zaawansowanesystemy sensoryczne, które umożliwiają im obserwację zmian środowiska a np. słuch umożliwia komunikację głosową. Roboty tej generacji posiadają także techniczny układ „sztucznej inteligencji

IV generacja: roboty o sterowaniu adaptacyjnym

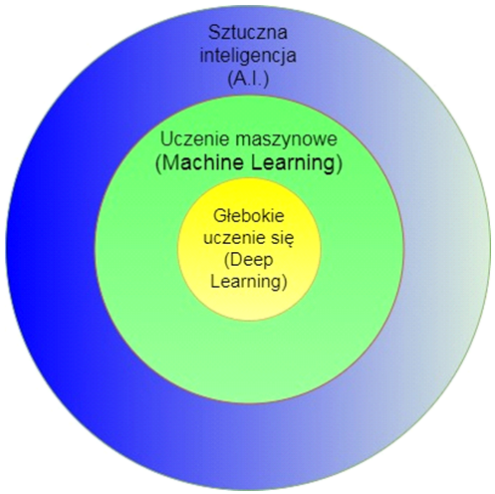
V generacja: roboty inteligentne

Klasyfikacja robotów

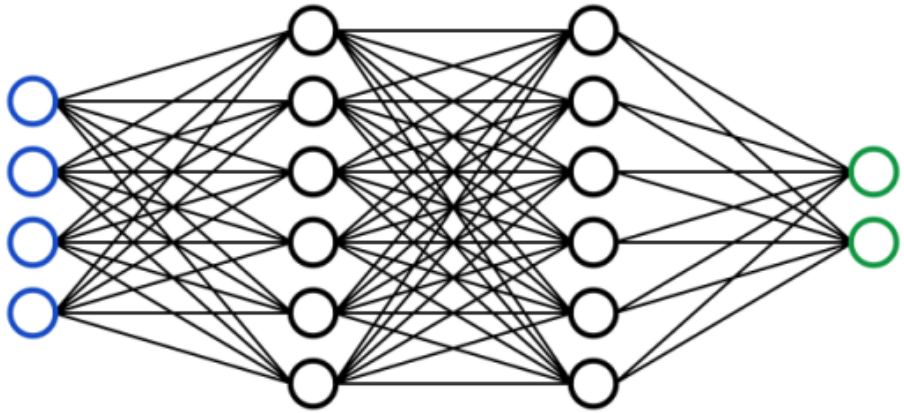
Sztuczna inteligencja

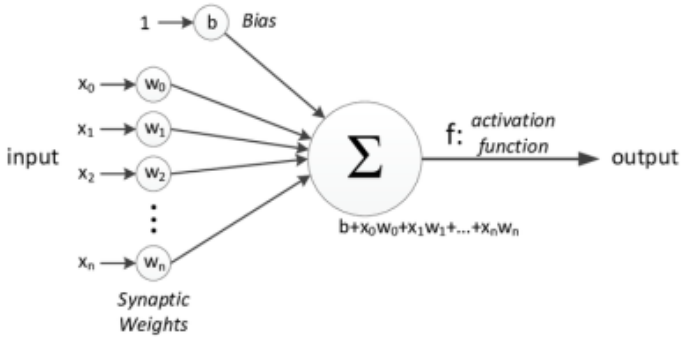
W 1950 r. Alan Turing zaporponował sposób odróżnienia maszyn inteligentnych od maszyn pozbawionych inteligencji. Inteligentna maszyna powinna umieć:

- podejmować decyzje w warunkach braku wszystkich danych,
- analizować i syntetyzować treści, które do niej docierają, np. w postaci mowy, tekstu w języku naturalnym,
- rozumować logicznie i racjonalnie,
- dowodzić swoich twierdzeń.



Sieć neuronowa wzorowana jest na biologicznym systemie nerwowym. Sztuczne neurony to węzły połączone synapsami (opisanymi wagami), zgrupowane w wielu warstwach działających równolegle. Sztuczny neuron przetwarza otrzymany sygnał oraz sygnalizuje pozostałe neurony. Wzocnienie neuronów skutkuje lepszym rozpoznawaniem wzorców, wiedzą fachową, ogólną nauką.





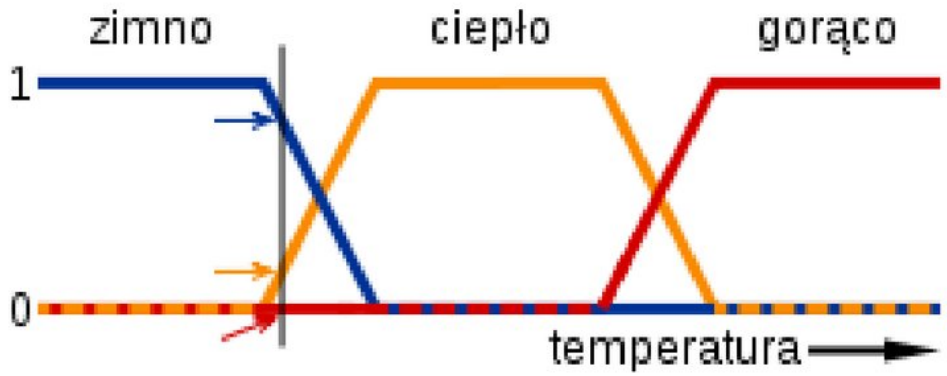
Klasyfikacja robotów

Sztuczna inteligencja - implementacje

1. Logika rozmyta – urządzenia AGD, automatyczna skrzynia biegów, sterowanie samochodami autonomicznymi, systemy HiFi, kamery, aparaty.
2. Sieci neuronowe – wykrywanie i predykcja ustrek w produkcji przemysłowej, rozpoznawanie głosu, mowy, twarzy, chatGPT.
3. Algorytmy genetyczne – optymalizacja, ekonomia, przetwarzenie obrazów, planowanie tras pojazdów, generowanie trajektorii robotów.
4. Systemy ekspertowe – diagnozowanie chorób na bazie objawów, steroweanie procesami przemysłowymi w oparciu o monitoring, szukanie usterek w samochodach, projektowanie samochodów.

W logice rozmytej między stanem 0 (fałsz) a stanem 1 (prawda) rozciąga się szereg wartości pośrednich, które określają stopień przynależności elementu do zbioru.

Logika rozmyta



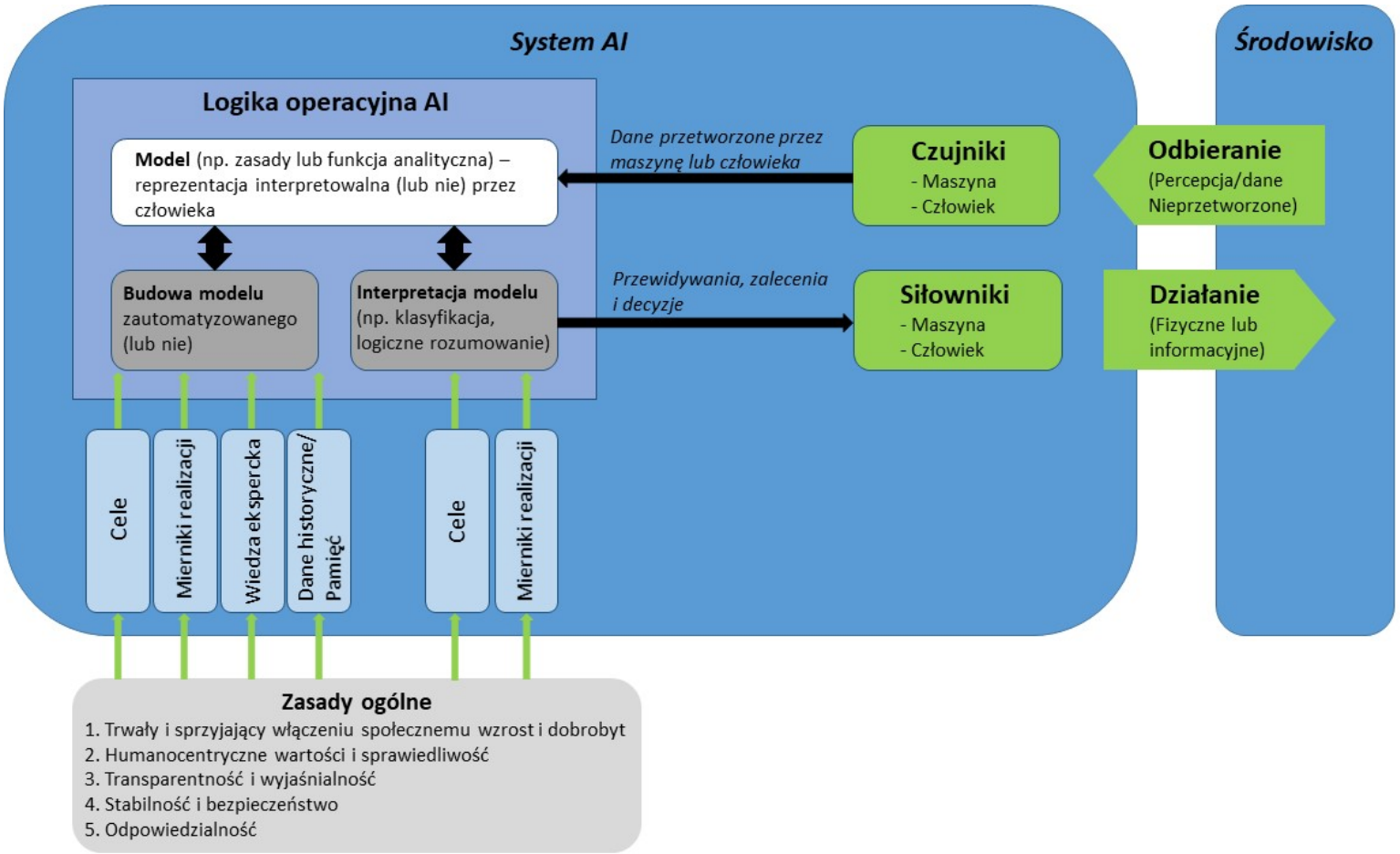
Zaznaczonej czarną pionową linią temperaturze można przypisać jednocześnie wartości, które można zinterpretować jako:

- ***dość zimna,***
- ***ledwo ciepła***
- ***zupełnie nie gorąca.***

Takie podejście pozwala przykładowo na regulację działania np.: układów hamulcowych

Klasyfikacja robotów

Sztuczna inteligencja



Klasyfikacja robotów

Poziom inteligencji

urządzenia sterowane ręcznie

roboty o stałej/zmiennej sekwencji ruchów

roboty odtwarzające

roboty sterowane numerycznie

roboty inteligentne

Klasyfikacja robotów

Struktura kinematyczna

Budowa jednostki kinematycznej

monolityczna

- stała, niezmienna konstrukcja mechaniczna

modułowa

- złożone zgodnie z potrzebami z gotowych zespołów

pseudomodułowa

- o stałej strukturze kinematycznej, z możliwością wymiany niektórych zespołów ruchu

Nadmiarowość ruchowa

nieredundantne

- bez nadmiarowości ruchowej

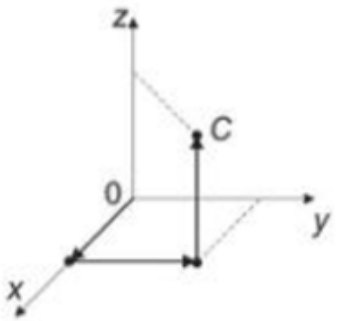
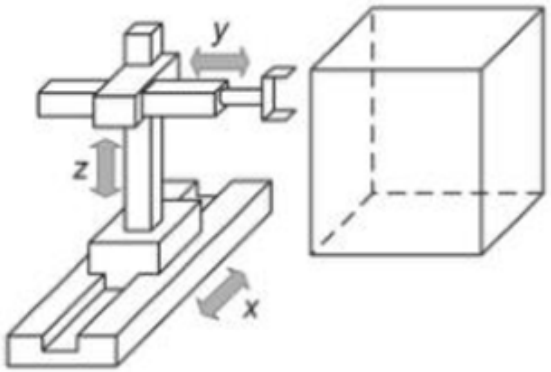
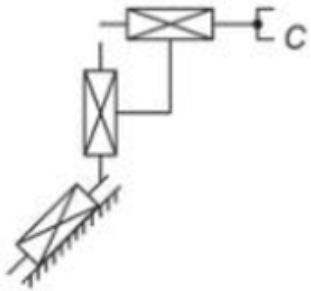
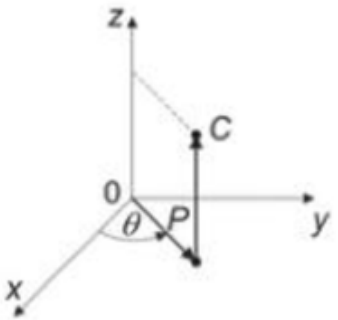
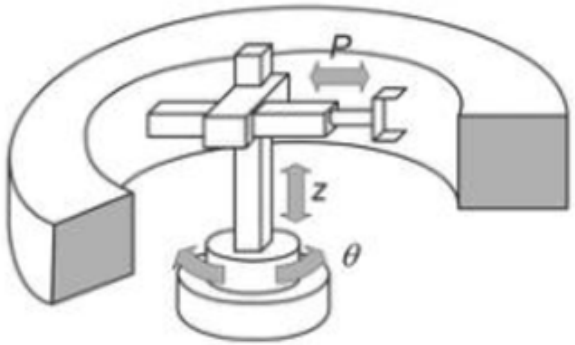
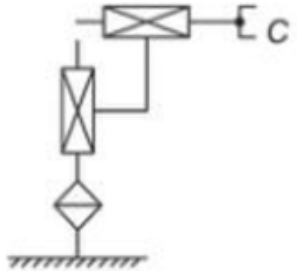
redundantne

- z nadmiarowością ruchową

Rysunek: Źródło: [1]

Klasyfikacja robotów

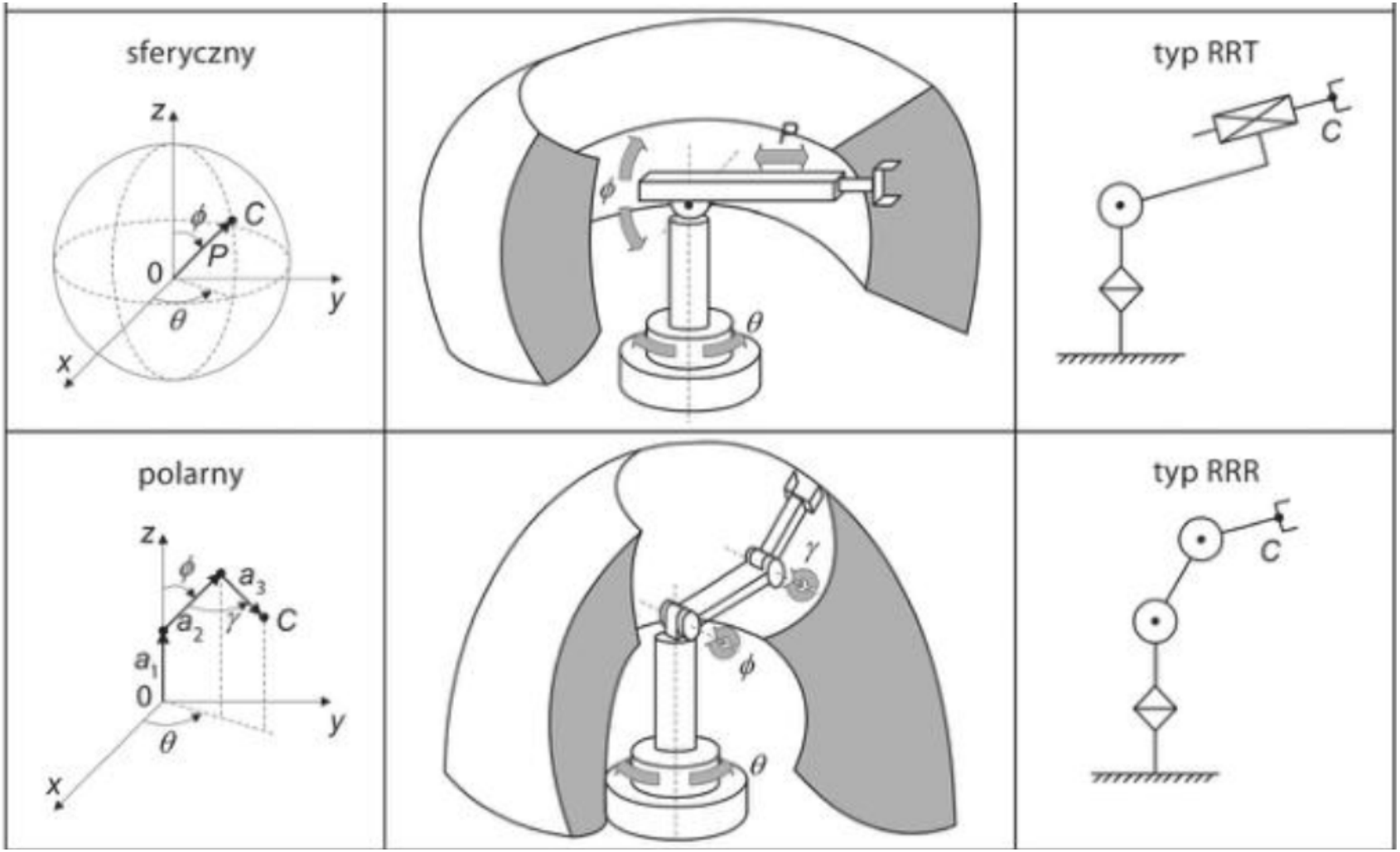
Struktura kinematyczna

Układ współrzędnych	Robot i jego przestrzeń robocza	Diagram
kartezjański 		typ TTT 
cylindryczny 		typ RTT 

Rysunek: Źródło: [1]

Klasyfikacja robotów

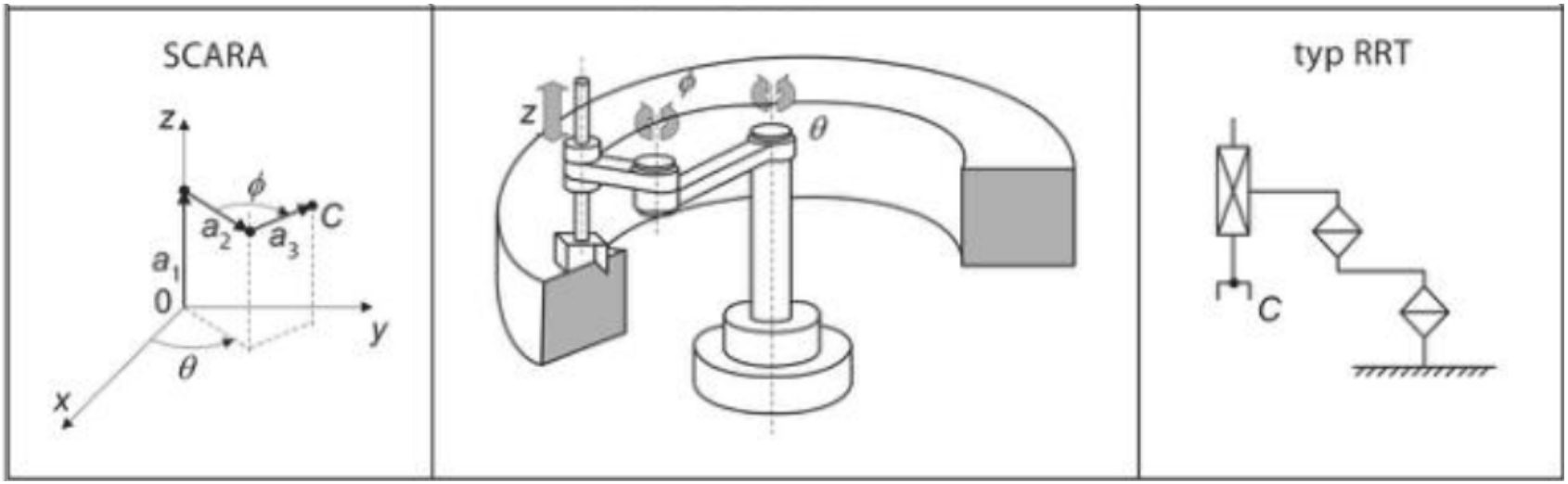
Struktura kinematyczna



Rysunek: Źródło: [1]

Klasyfikacja robotów

Struktura kinematyczna



Rysunek: Źródło: [1]

Możliwość wykonywania różnych zadań wynika z:

- programowalności,
- zastosowania różnych typów **efektorów** (element roboczy, narzędzie zwykle montowane na końcu ramienia robota),
- możliwości współpracy robota z innymi urządzeniami.

Roboty przemysłowe

Producenci

ABB

FANUC ROBOTICS

KUKA

YASKAWA

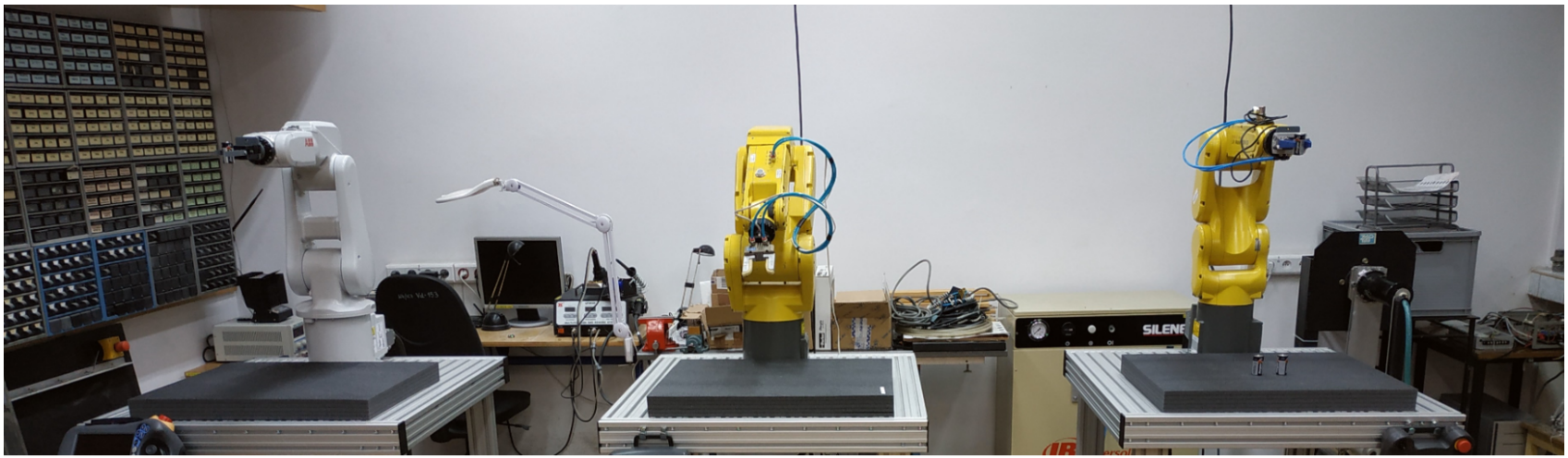
MITSUBISHI ELECTRIC

Kawasaki Robotics

UNIVERSAL ROBOTS

Roboty przemysłowe

Laboratorium Robotów



Roboty przemysłowe

Główne komponenty systemu robota

Rysunek: Źródło: [1]

Czujniki stosowane w robotyce:

- czujniki oświetlenia,
- enkodery,
- akcelerometry,
- obrotomierze,
- żyroskopy,
- magnetometry,
- czujniki odległościowe (ultradźwiękowe, laserowe lub optyczne: LIDAR, sonary ultradźwiękowe, GPS),
- czujniki zbliżeniowe (tzw. transoptory odbiciowe),
- czujniki indukcyjne,
- czujniki kontaktowe,
- czujniki siły,
- systemy wizyjne.

Roboty przemysłowe

Przykład

Manipulator

Sterownik

Panel sterowania

Główne komponenty robota

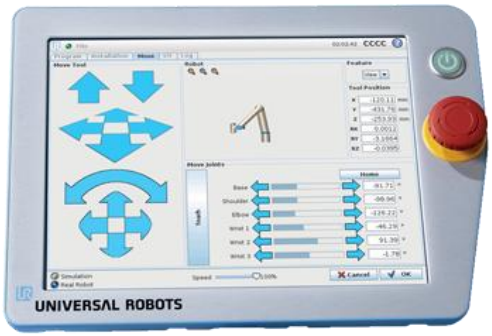
Programator, Teach Pendant, panel nauczania

ABB

FANUC ROBOTICS

KUKA

YASKAWA



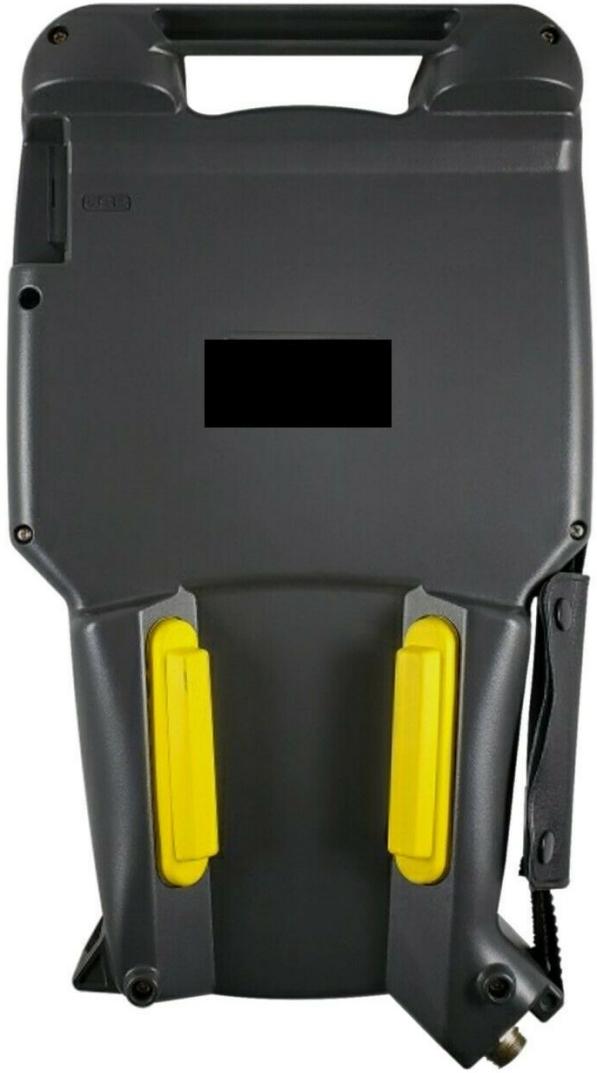
MITSUBISHI ELECTRIC

Kawasaki Robotics

UNIVERSAL ROBOTS

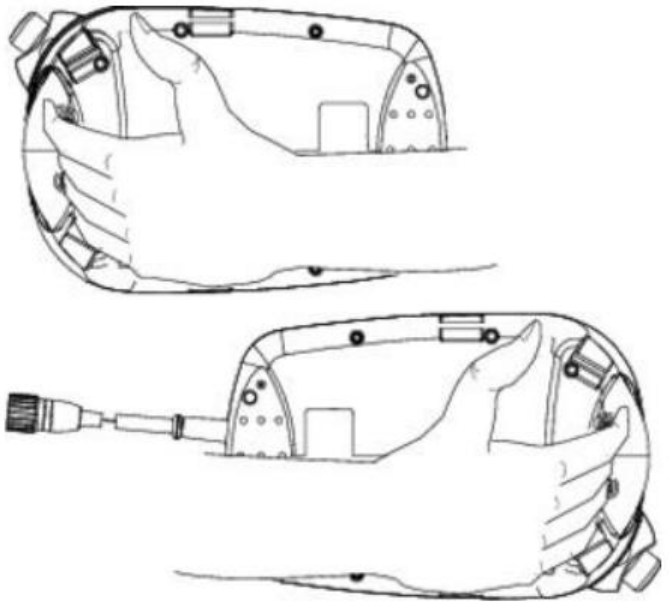
Główne komponenty robota

Programator, Teach Pendant, panel nauczania



Główne komponenty robota

Flexpendant



Główne komponenty robota

Kontroler

ABB

FANUC ROBOTICS

KUKA

YASKAWA

MITSUBISHI ELECTRIC

Kawasaki Robotics

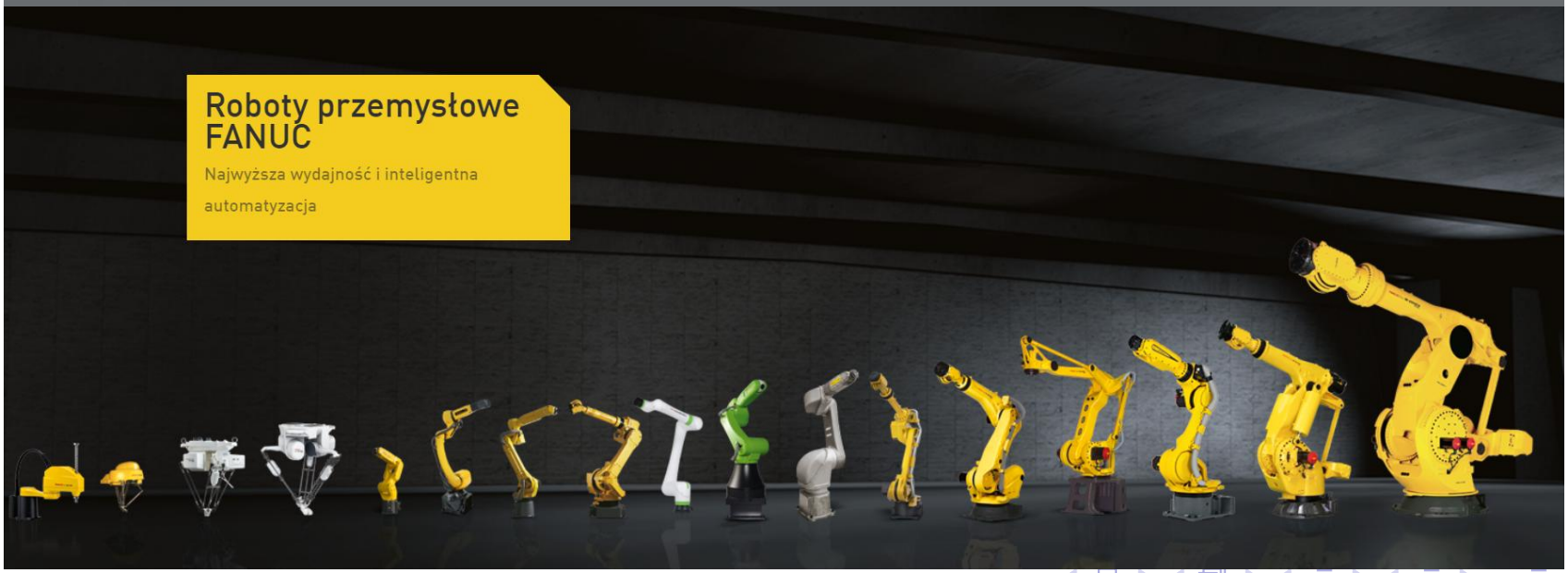
UNIVERSAL ROBOTS

Główne komponenty robota

Kontroler - wnętrze szafy sterowniczej

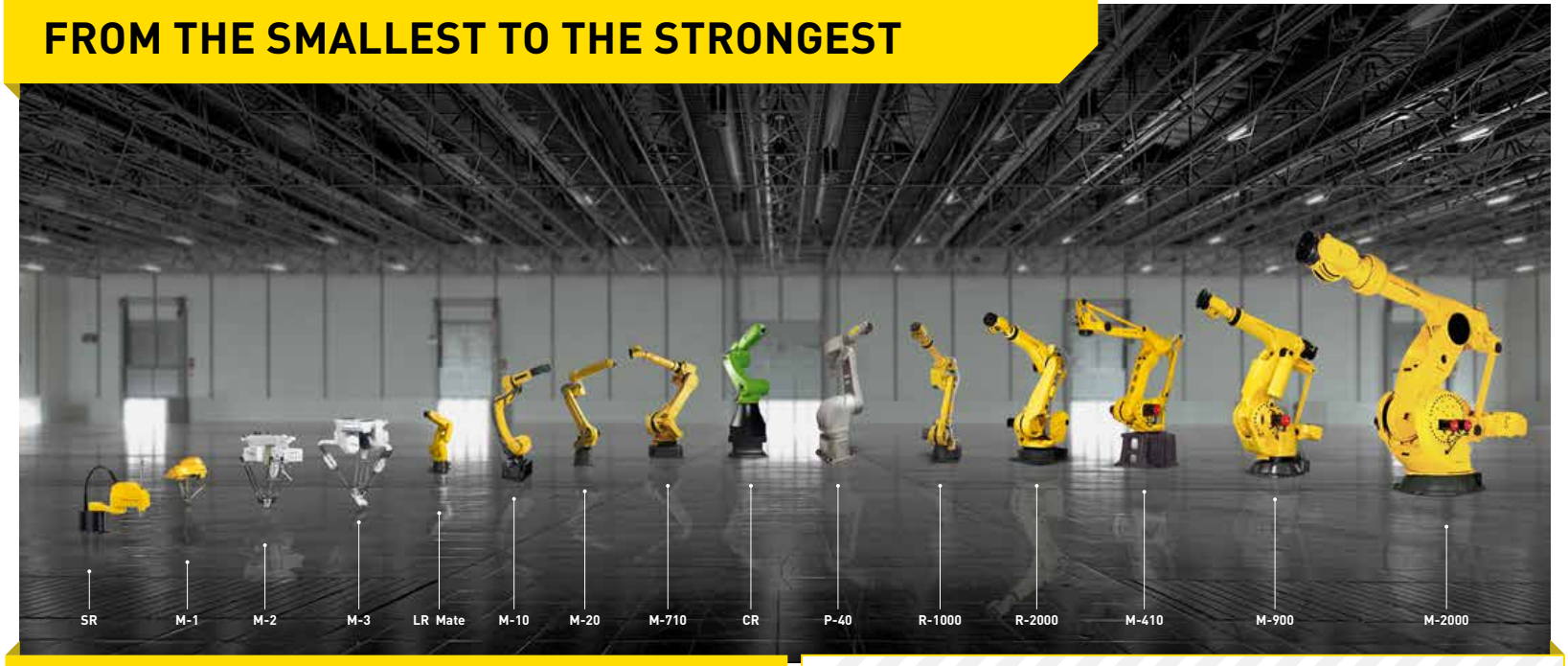
Roboty przemysłowe

Przykłady (FANUC, KUKA)



- masa własna robota oraz udźwig,
- dopuszczalne momenty obciążające ramię robota,
- przestrzeń robocza i zakres osi,
- prędkość i przyspieszenie,
- liczba stopni swobody,
- parametry zasilania i zużycia energii,
- dokładność i powtarzalność,
- sposoby mocowania,
- podatność i niezawodność.

FROM THE SMALLEST TO THE STRONGEST



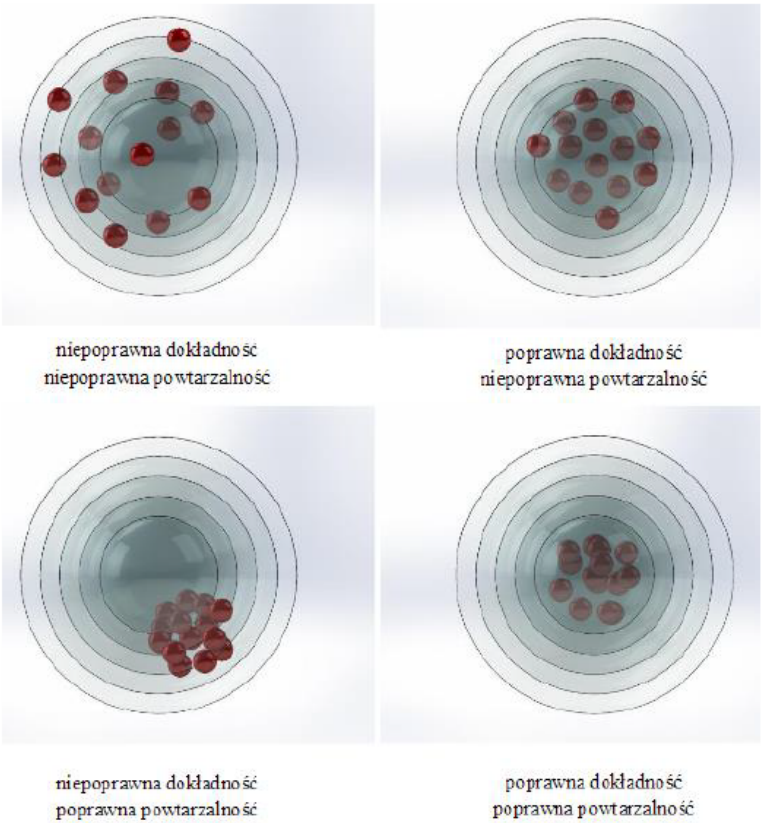
100% FANUC

FANUC offers the widest range of robots in the world to cover the needs of diverse applications and industries. They are a key standard component – totally flexible with application-specific options, straightforward integration, and the colour of choice for demanding automation solutions.

FANUC is the leading global manufacturer of factory automation, with 40 years of experience in the development of robot technology, more than 600,000 robots installed worldwide, and satisfied customers in every corner of the globe.

Your advantages:

- more than 100 different robot models
- load capacity up to 2,300 kg
- reach up to 4,683 mm
- easy operation
- optimised energy consumption
- life time spare parts availability



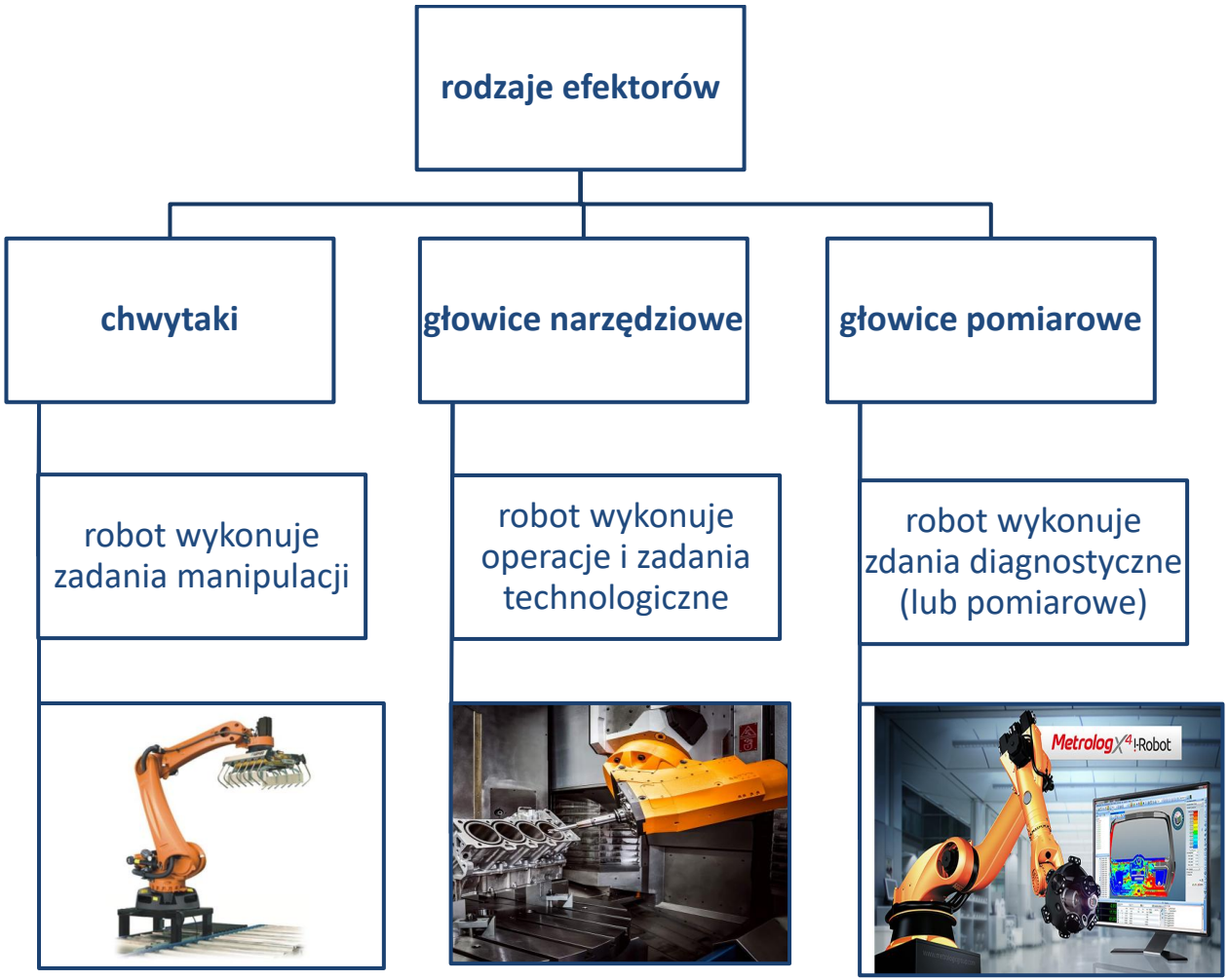
Dokładność pozycjonowania
Miarą dokładności pozycjonowania jest różnica pomiędzy pozycją zadaną, a średnią pozycją osiągalną z zadanego tego samego kierunku.

Powtarzalność pozycjonowania
To miara rozrzutu pomiędzy pozycjami osiąganymi z tego samego zadanego kierunku.

Rysunek: Źródło: [2]

Roboty przemysłowe

Efektory



Roboty przemysłowe

Efektory – przykłady SCHUNK

Feeding through

Over **50** process-stable pneumatic, electrical or combined SCHUNK rotary feed-throughs.
schunk.com/feeding-through

Protecting

Over **60** collision and overload sensors used to monitor, record and avoid collisions.
schunk.com/protecting

Changing

More than **100** precise quick-change systems for flexible, fast change of effectors.
schunk.com/changing

Equipped by SCHUNK

Measuring

Over **150** sensors for precise measurement of forces and torques.
schunk.com/measuring

Compensating

Over **90** components to compensate position deviations and tolerances between robot and the tool.
schunk.com/compensating

Machining

Flexible SCHUNK deburing spindles for the use on robots with up to **65,000** revolutions per minute.
schunk.com/machining

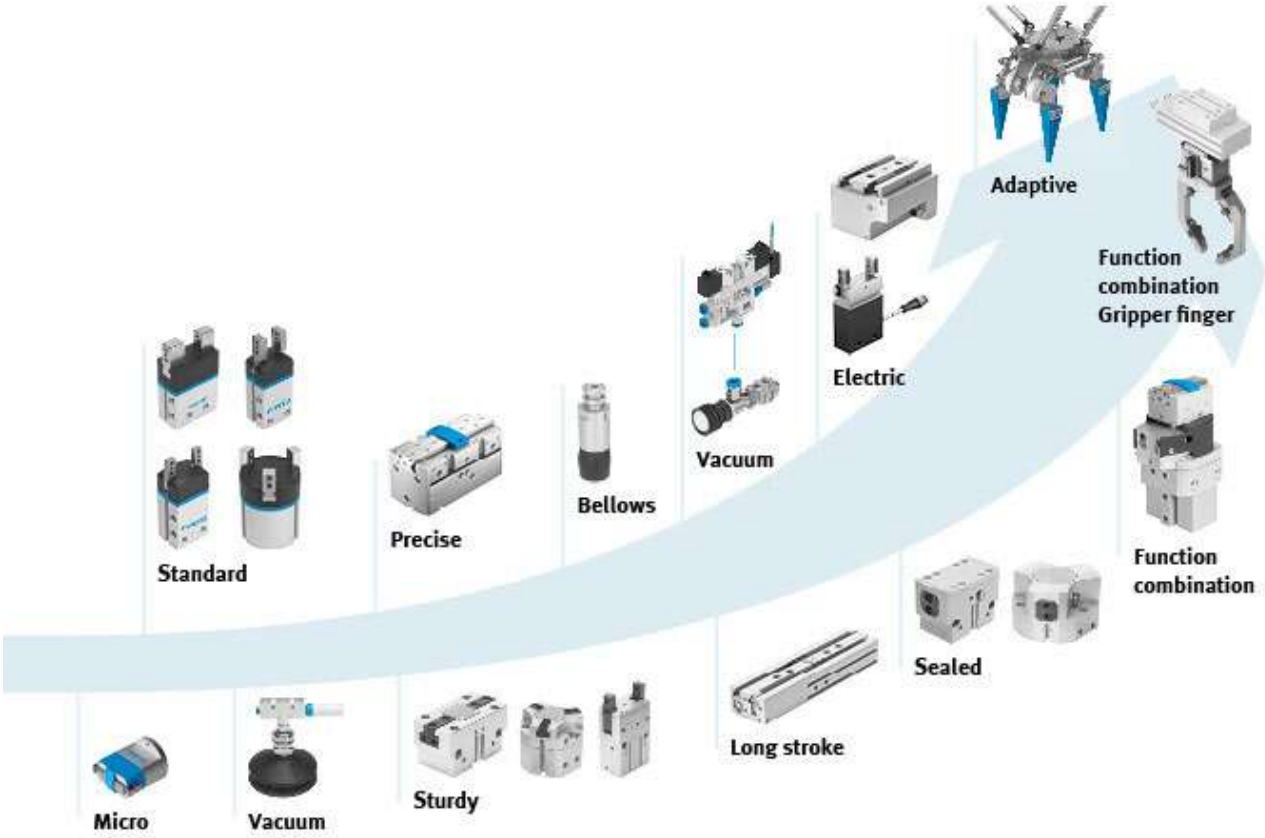
SCHUNK Grippers

The world's most extensive gripper portfolio with over **2,550** pneumatic and electric components. **schunk.com/grippers**

FESTO
FESTO
FESTO

Roboty przemysłowe

Efektory – przykłady FESTO

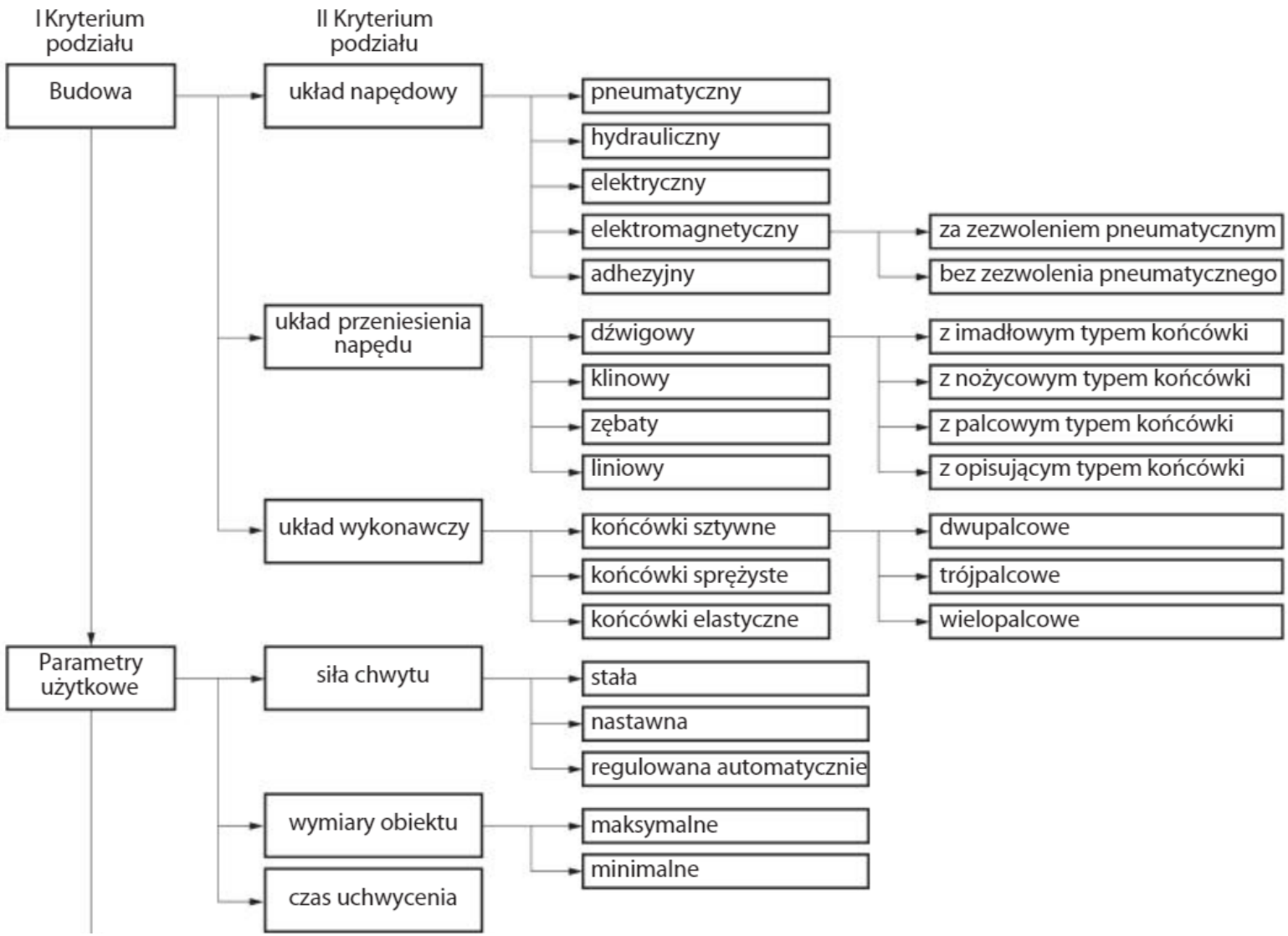


Roboty przemysłowe

Chwytaki – ABB

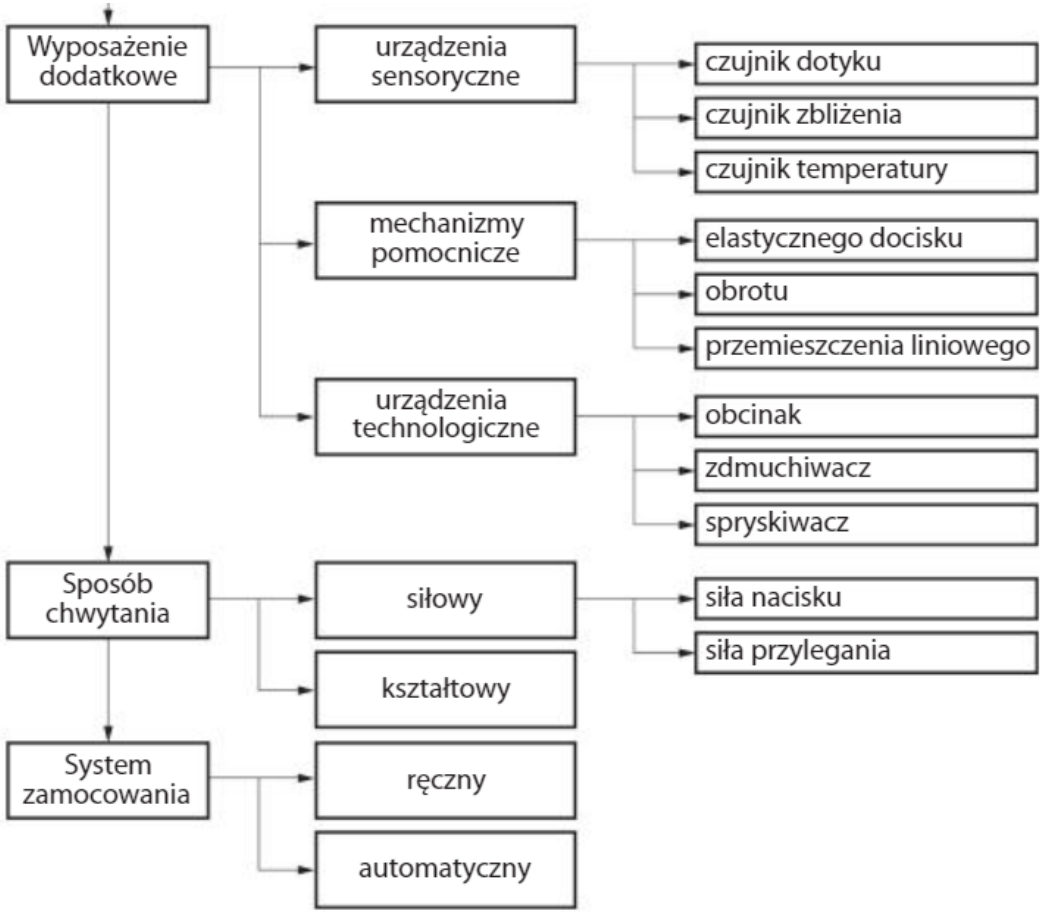
Roboty przemysłowe

Chwytaki – podział



Roboty przemysłowe

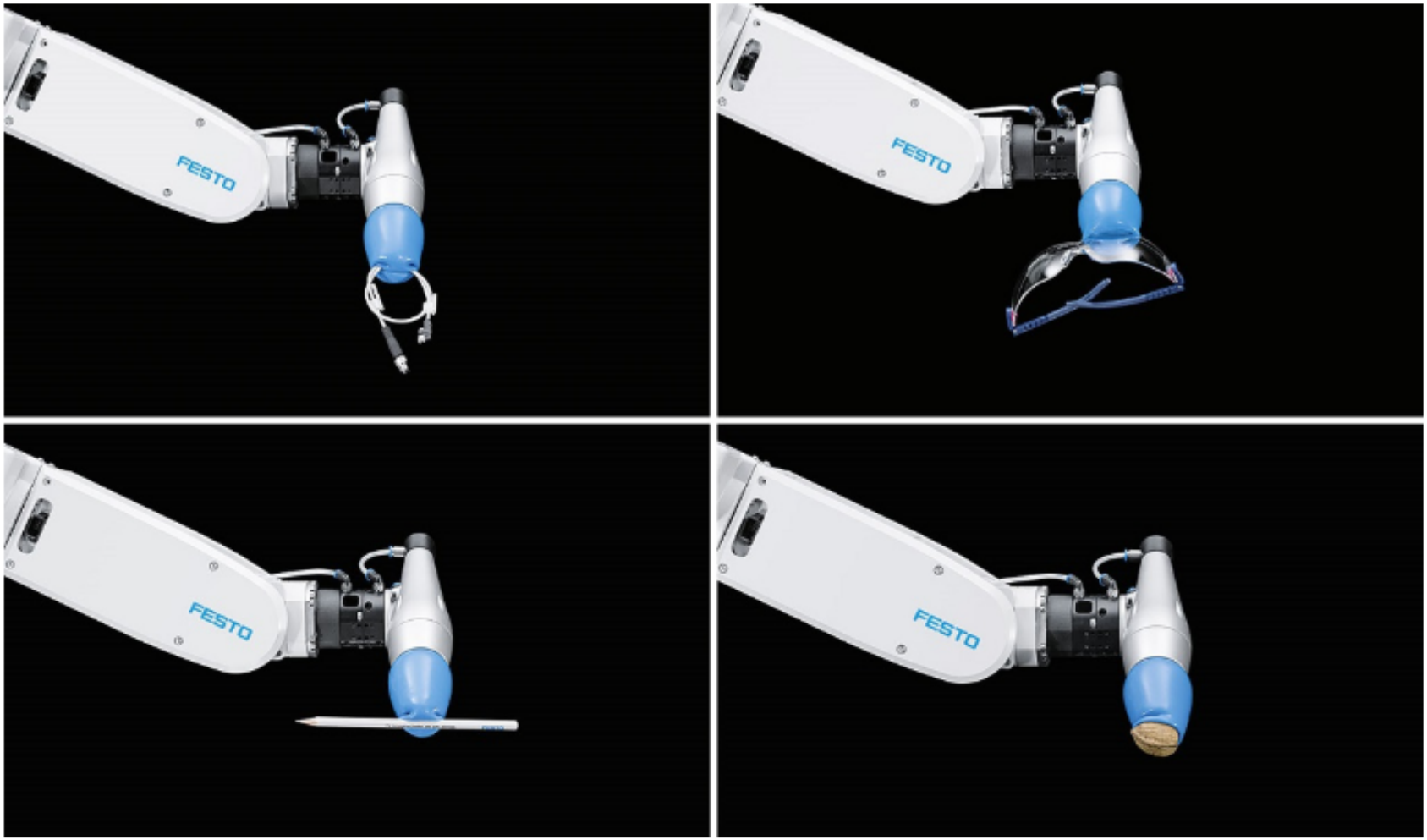
Chwytaki – podział cd.



Rysunek: Źródło: [1]

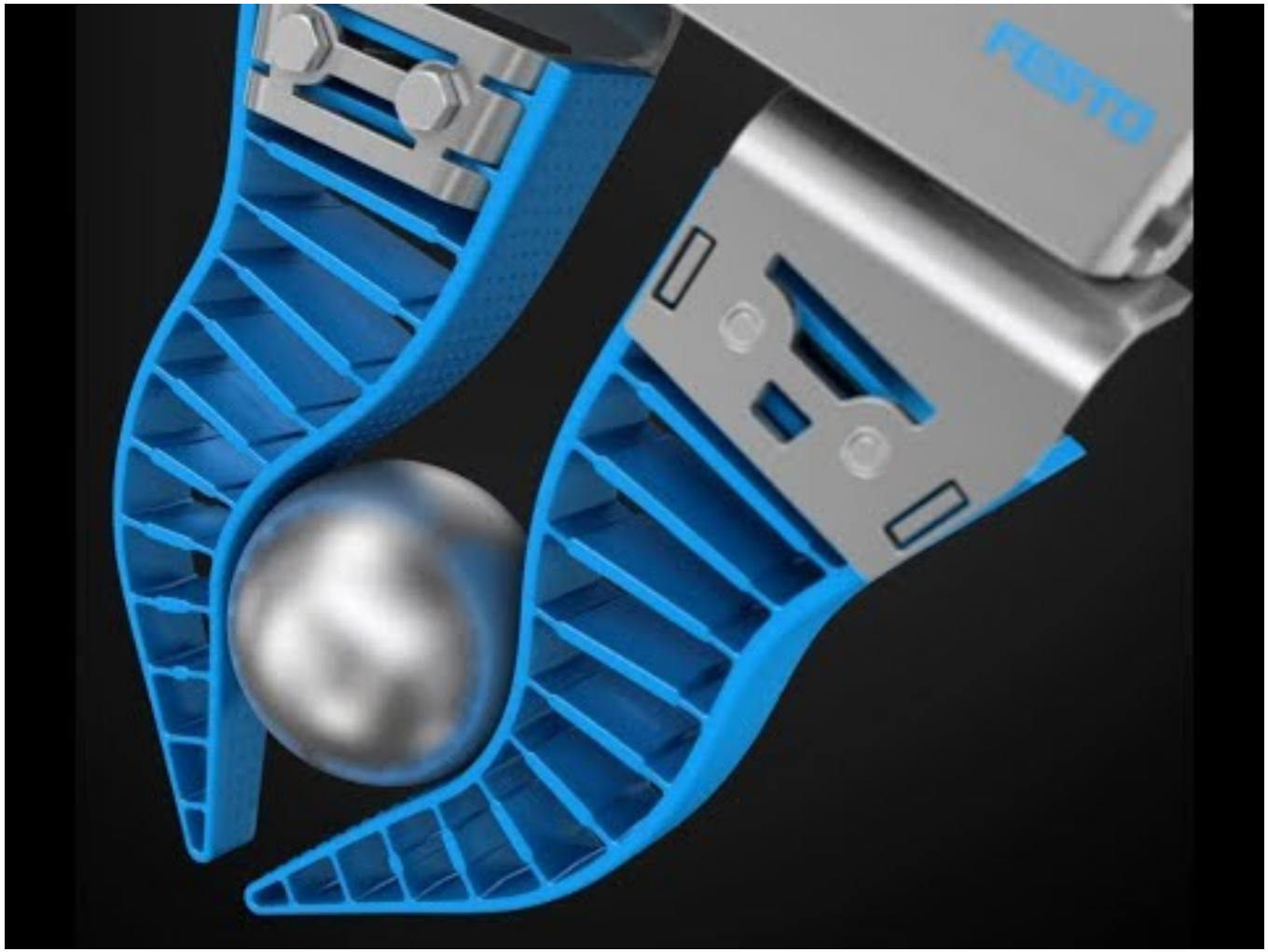
Chwytaki

Adaptacyjny chwytak FESTO



Chwytaki

Elastyczne palce FESTO



Wykorzystanie wirtualnego środowiska:

- możliwość programowania robotów offline,
- możliwość przeprowadzenia symulacji 3D z uwzględnieniem cykli pracy rzeczywistych kontrolerów,
- planowanie trajektorii ruchu robota w komórce roboczej,
- analiza przestrzenna poszczególnych komponentów robota,
- kontrola przemieszczeń i orientacji chwytaka,
- tworzenie programów sterujących,
- optymalizacja rozmieszczenia gniazd roboczych na liniach montażowych,
- symulacja i monitorowanie wejść i wyjść
- współpraca robotów w poszczególnych gniazdach.

Środowiska programowania robotów

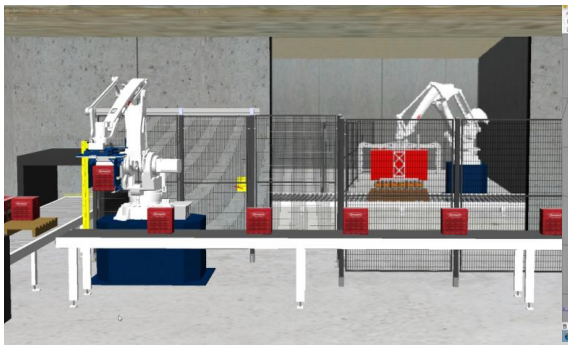
Przykłady

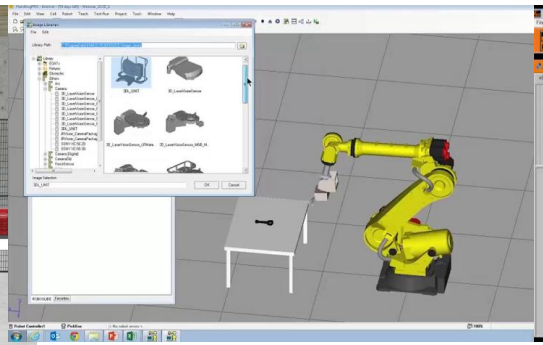
Producent robotów	Środowisko
ABB	RobotStudio
FANUC Robotics	Roboguide
Kawasaki Robotics	K-Roset
KUKA Roboter	KUKA.Sim Pro
Mitsubishi Robotics	MELFA WORKS
EPSON	Epson RC + 7.0
Comau	RoboSim PRO
Denso Robotics	WINCAPS III
Staubli Robotics	Staubli Robotics Suite
Motoman Robotics-Yaskawa	MotoSim EG-VRC
Reis Robotics	ProSim
Panasonic-Matsushita Welding Systems	DTPS 3D, G2 PC Tools 3D

Rysunek: Źródło: [1]

Środowiska programowania robotów

Przykłady

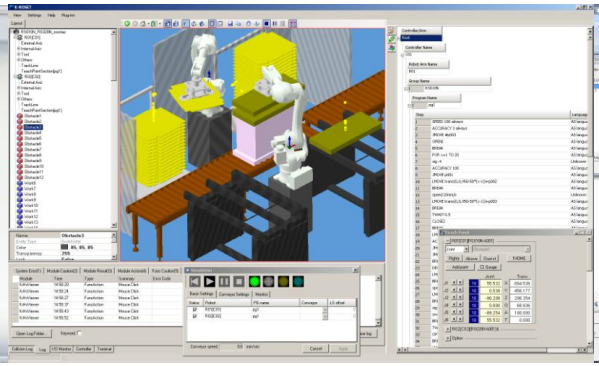


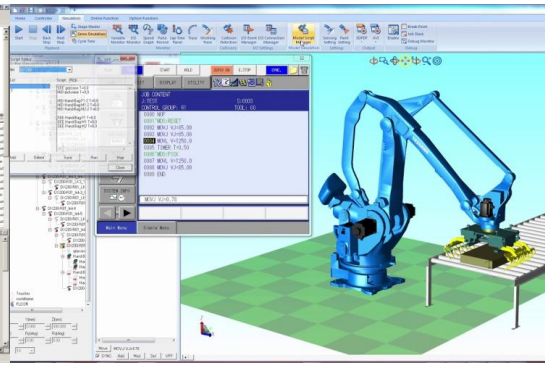


ABB

FANUC ROBOTICS

KUKA

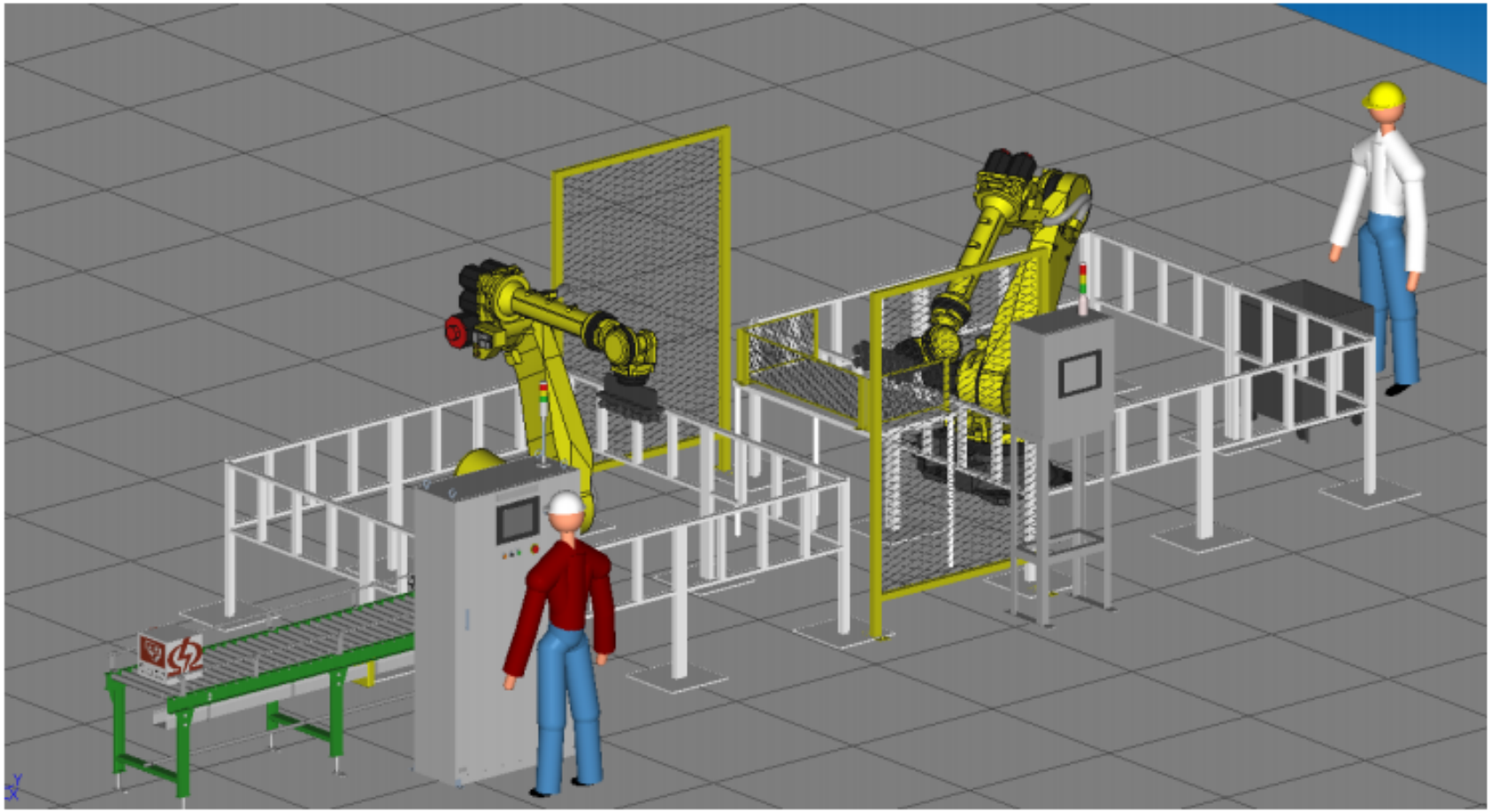




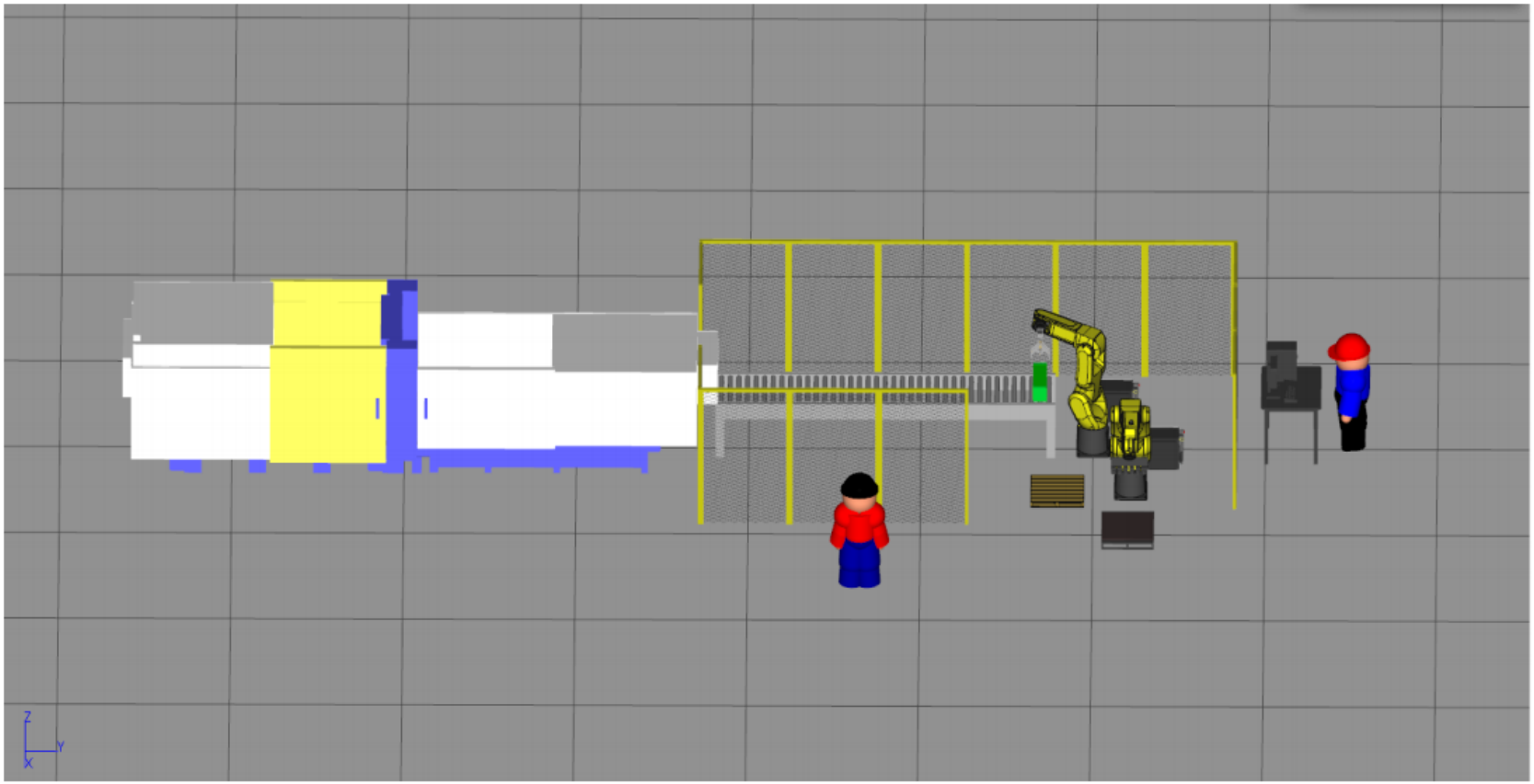
MITSUBISHI ELECTRIC

Kawasaki Robotics

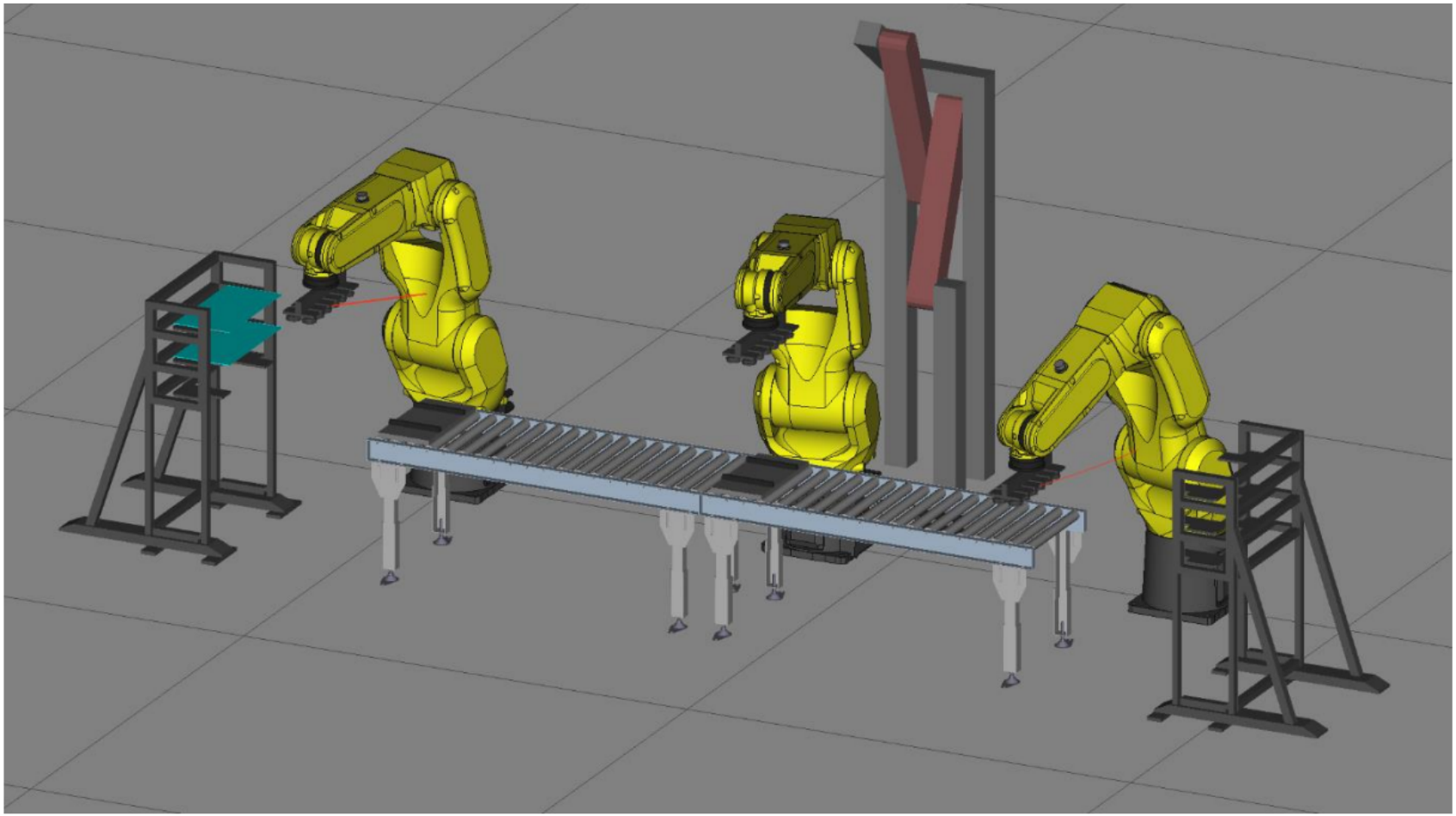
YASKAWA



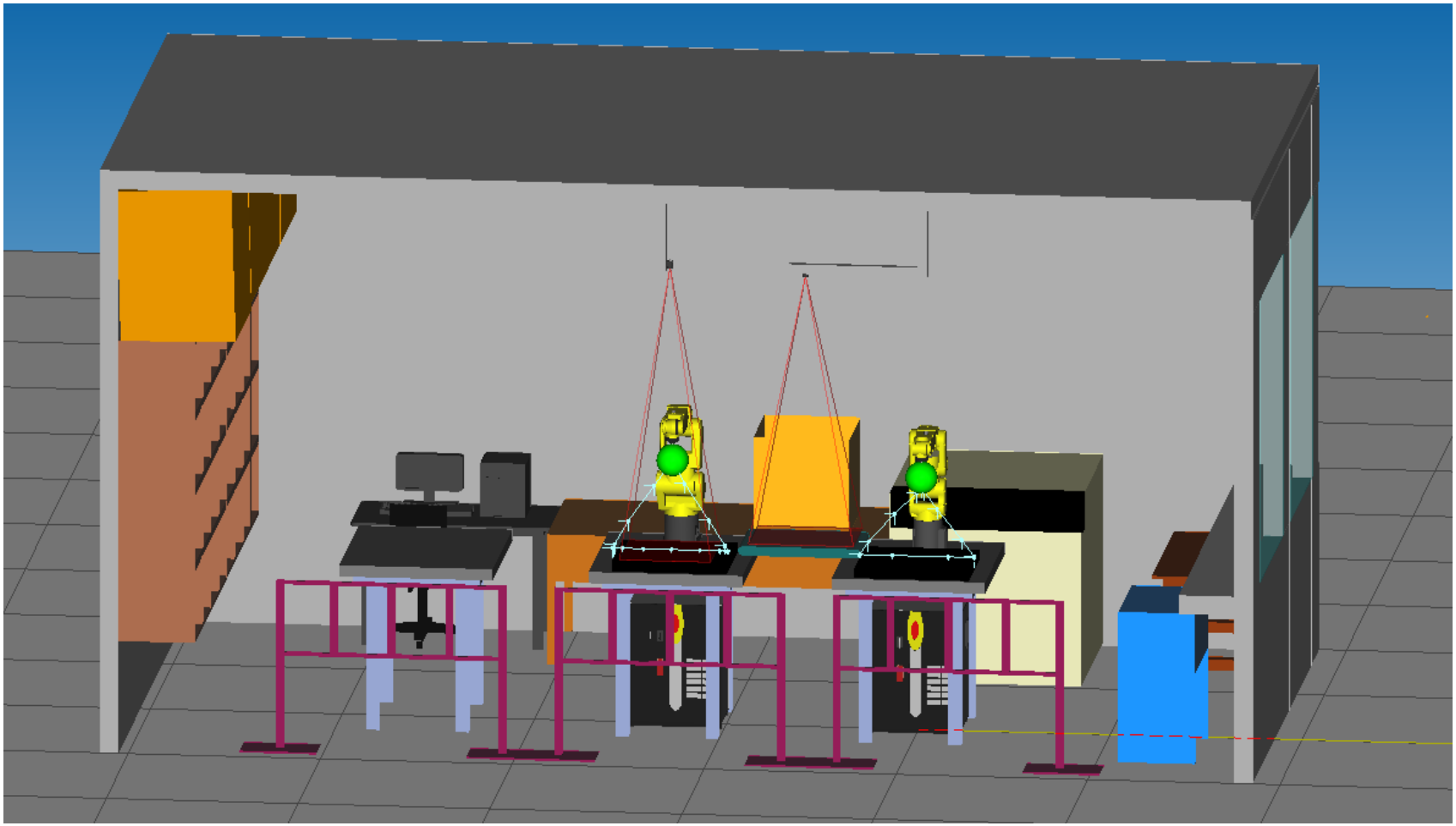
Rysunek: Projekt studencki



Rysunek: Projekt studencki



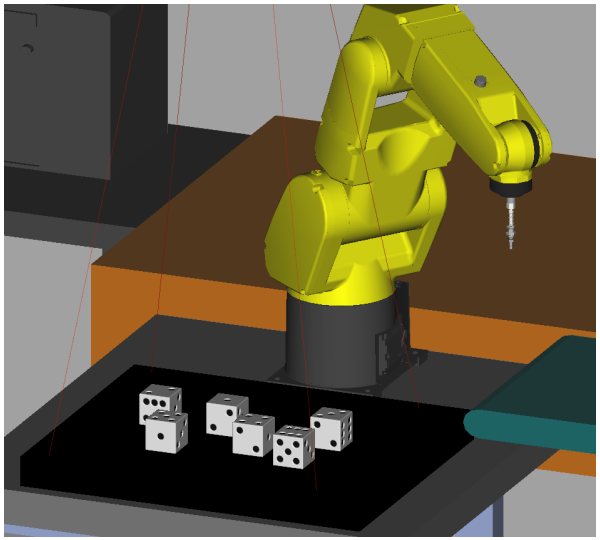
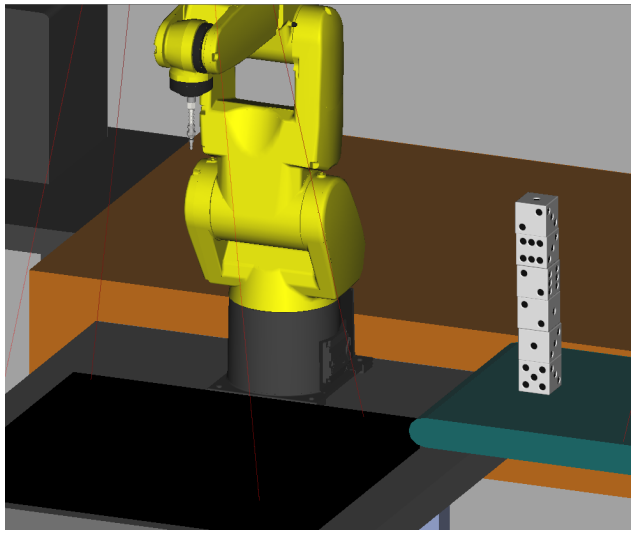
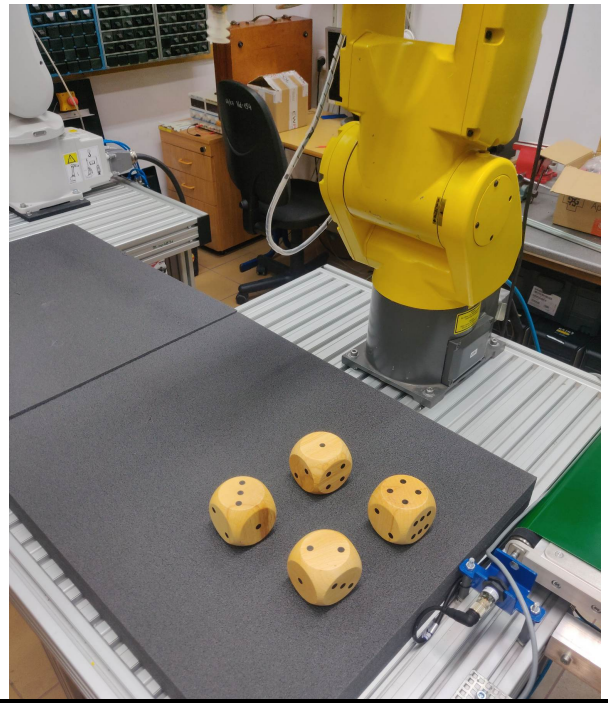
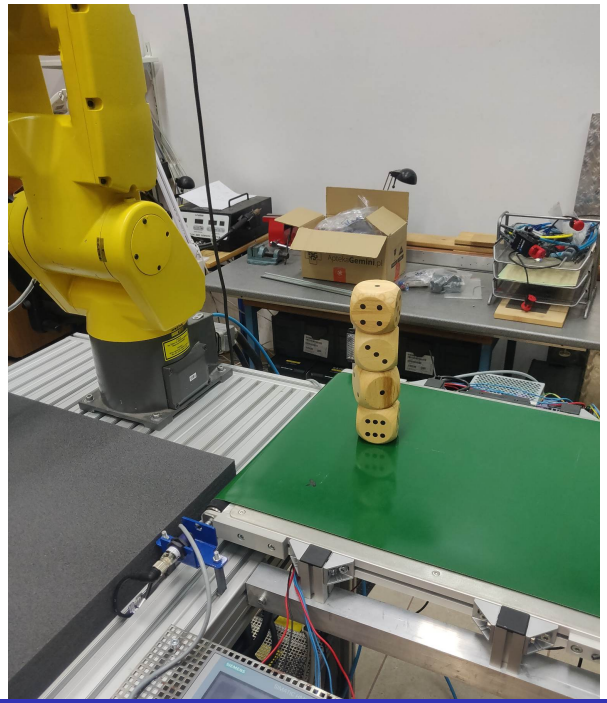
Rysunek: Projekt studencki



Rysunek: Praca inżynierska

Środowiska programowania robotów

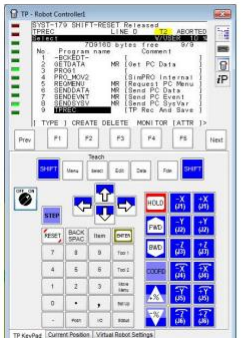
Przykłady

Teach pendant

Wirtualny i rzeczywisty

ABB



FANUC ROBOTICS

KUKA

MITSUBISHI ELECTRIC

Kawasaki Robotics

Środowiska uniwersalne:

- Visual Components,
- RobCAD,
- Delmia,
- Robot3D,
- Process Simulate.

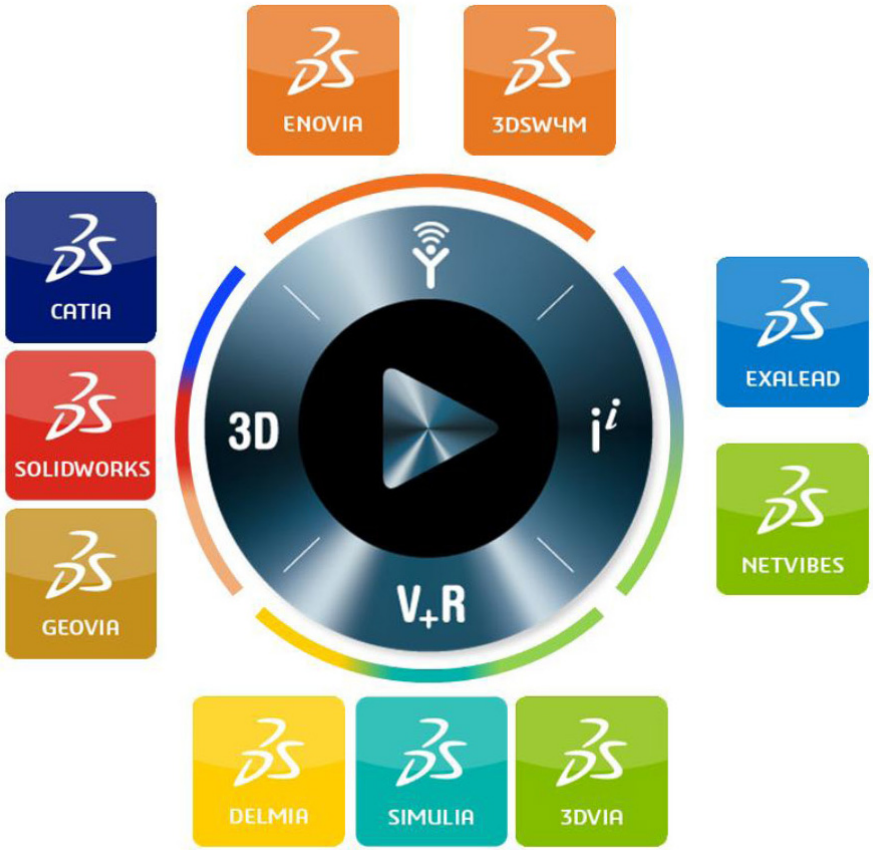
Uniwersalne rozwiązania

Delmia - Dassault Systemes

- kompletna platforma służąca robotyzacji i automatyzacji procesów przemysłowych,
- baza robotów największych producentów oraz możliwość translacji kodu na jednostkę roboczą
- możliwość programowania trajektorii ruchów manipulatora metodą OLP,
- umożliwia wykrywanie kolizji,
- umożliwia optymalizację czasu cykli roboczych,
- zawiera narzędzia dedykowane m. in.
  - procesom spawalniczym,
  - procesom spawania łukowego,
  - procesom zgrzewania punktowego,
  - wielu innym.

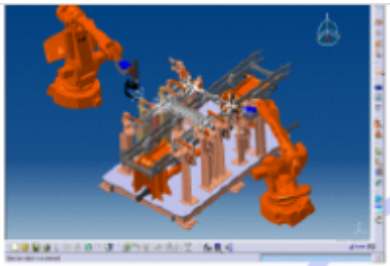
Uniwersalne rozwiązania

Delmia - Dassault Systemes

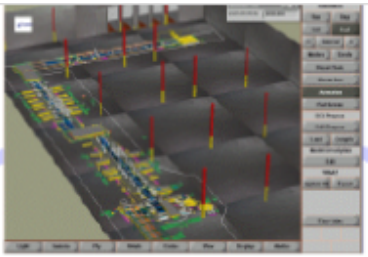


Uniwersalne rozwiązania

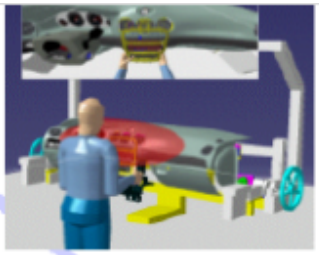
Delmia - Dassault Systemes



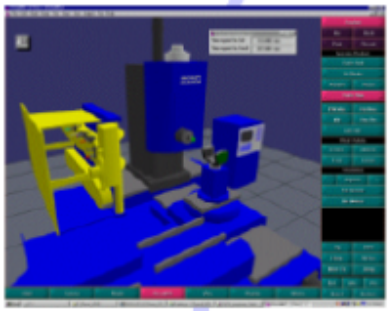
Robot Simulation (IGRIP)



Line Simulation (QUEST)



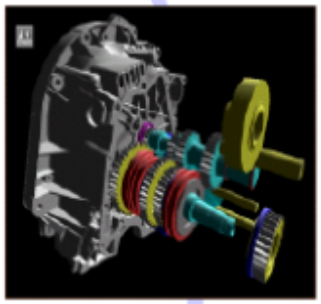
Ergonomics Analysis (Ergo, Human)



Virtual NC Simulation (VNC)

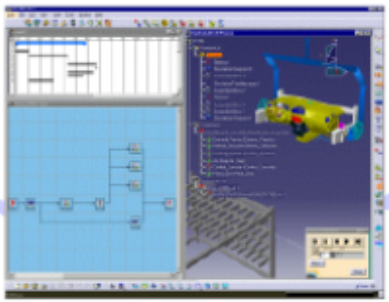
DELMIA

Digital Manufacturing Solutions In 3D PLM



Virtual Prototyping (Envision)

Digital Process Planning (Process Engineer)

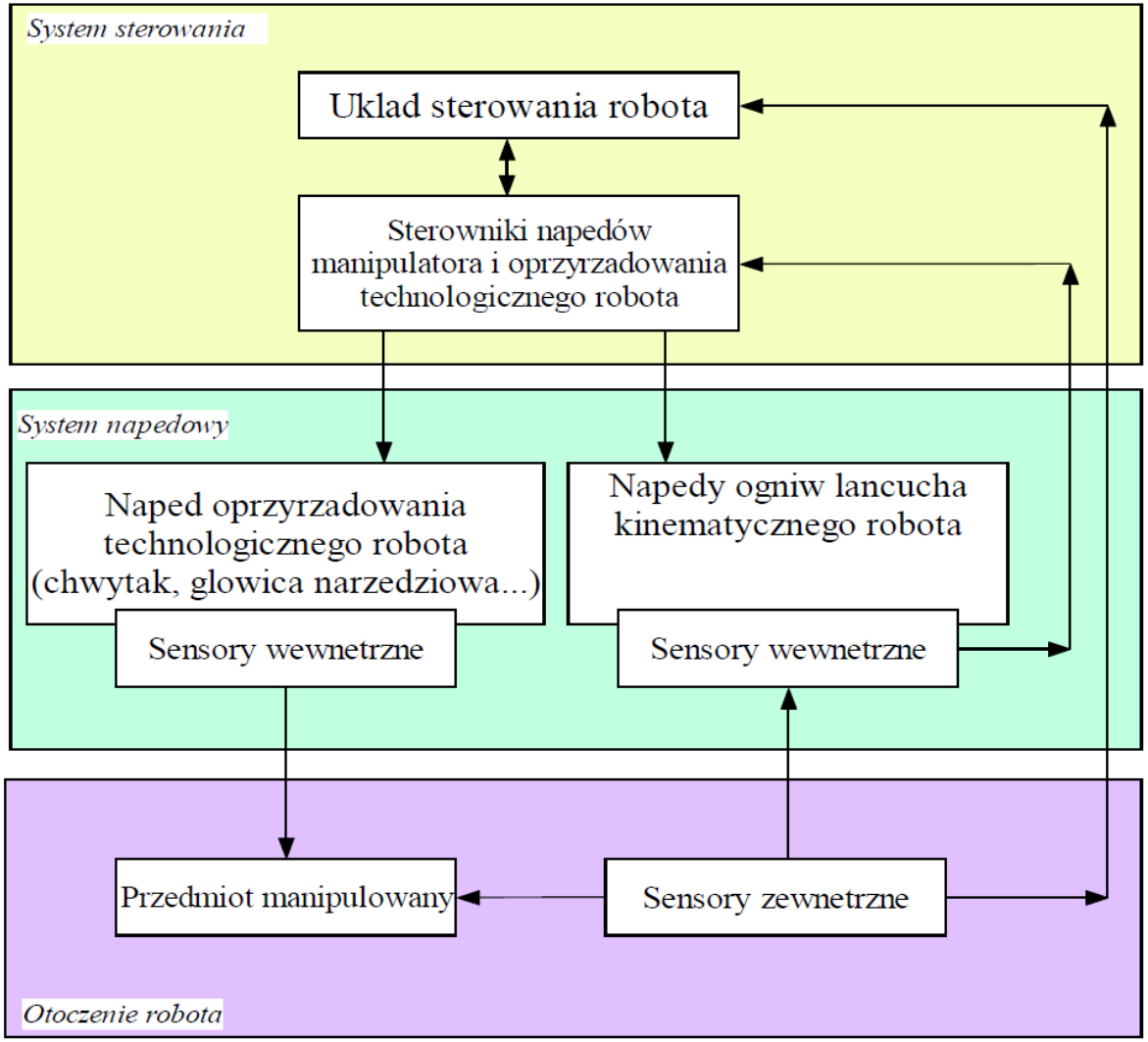


Digital Process Planning (DPM)

Inspection (Inspect)

Układ sterowania

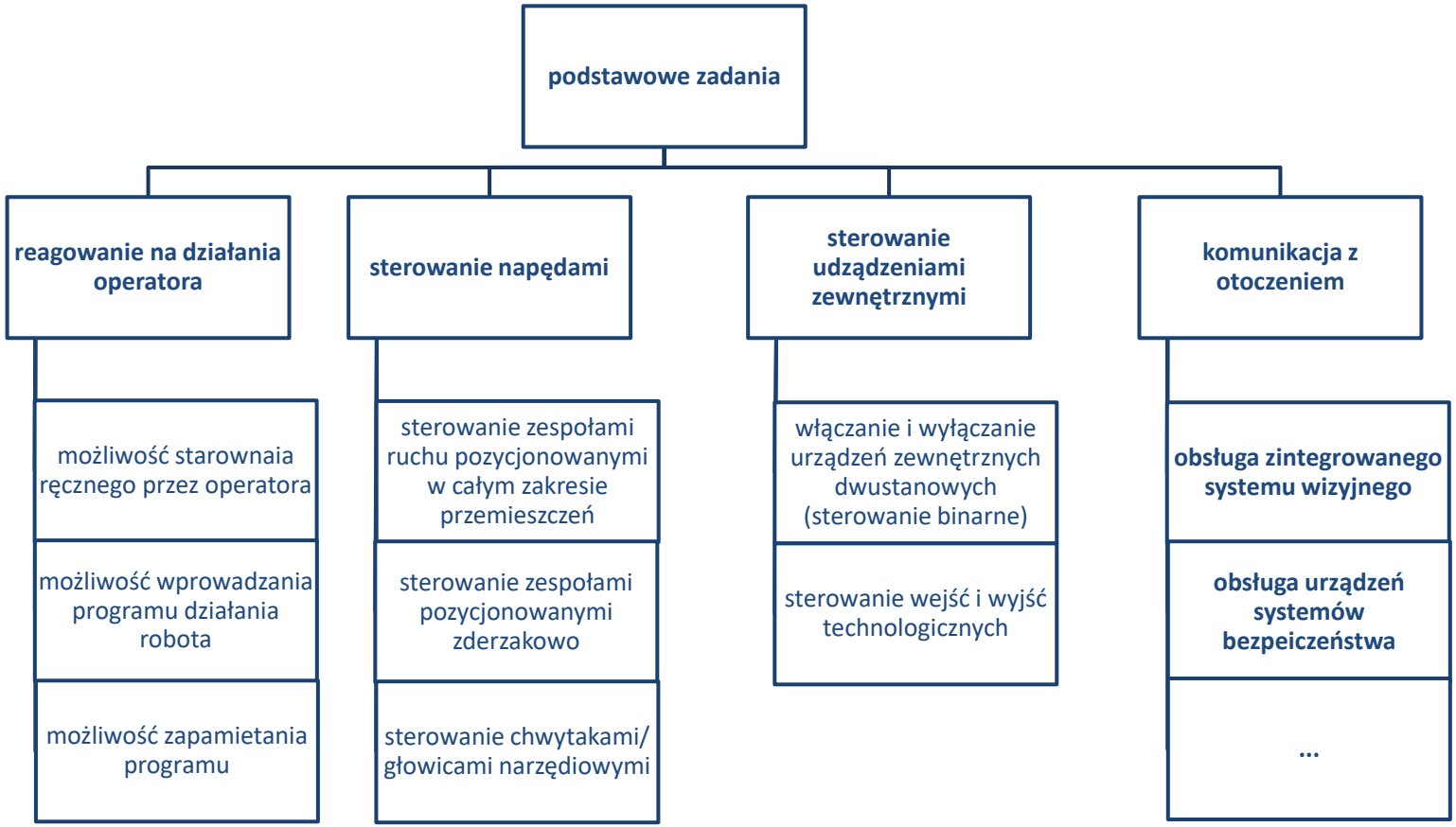
Ogólna struktura



Rysunek: Źródło: [2]

Układ sterowania

Zadania

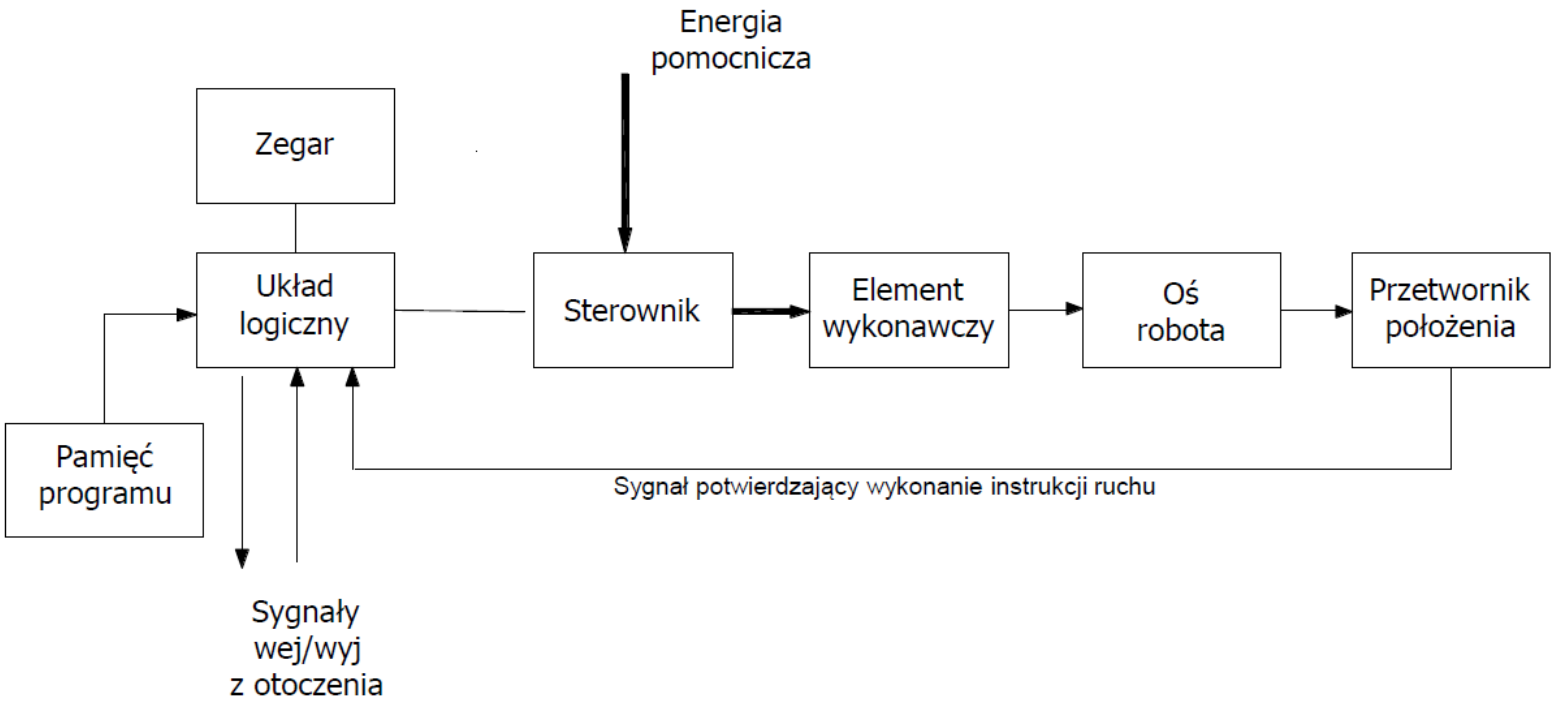


Zadania układu sterowania robotem:

- zadanie podstawowe: **pozycjonowanie** (położenie, orientacja manipulatora i efektora)
- zadania pomocnicze
  - oczekiwanie na spełnienie warunku,
  - ustalanie kolejności dalszego działania,
  - obliczanie parametrów, nastaw, współrzędnych,
  - sterowanie wejściami i wyjściami,
  - transmisja danych.

Układ sterowania

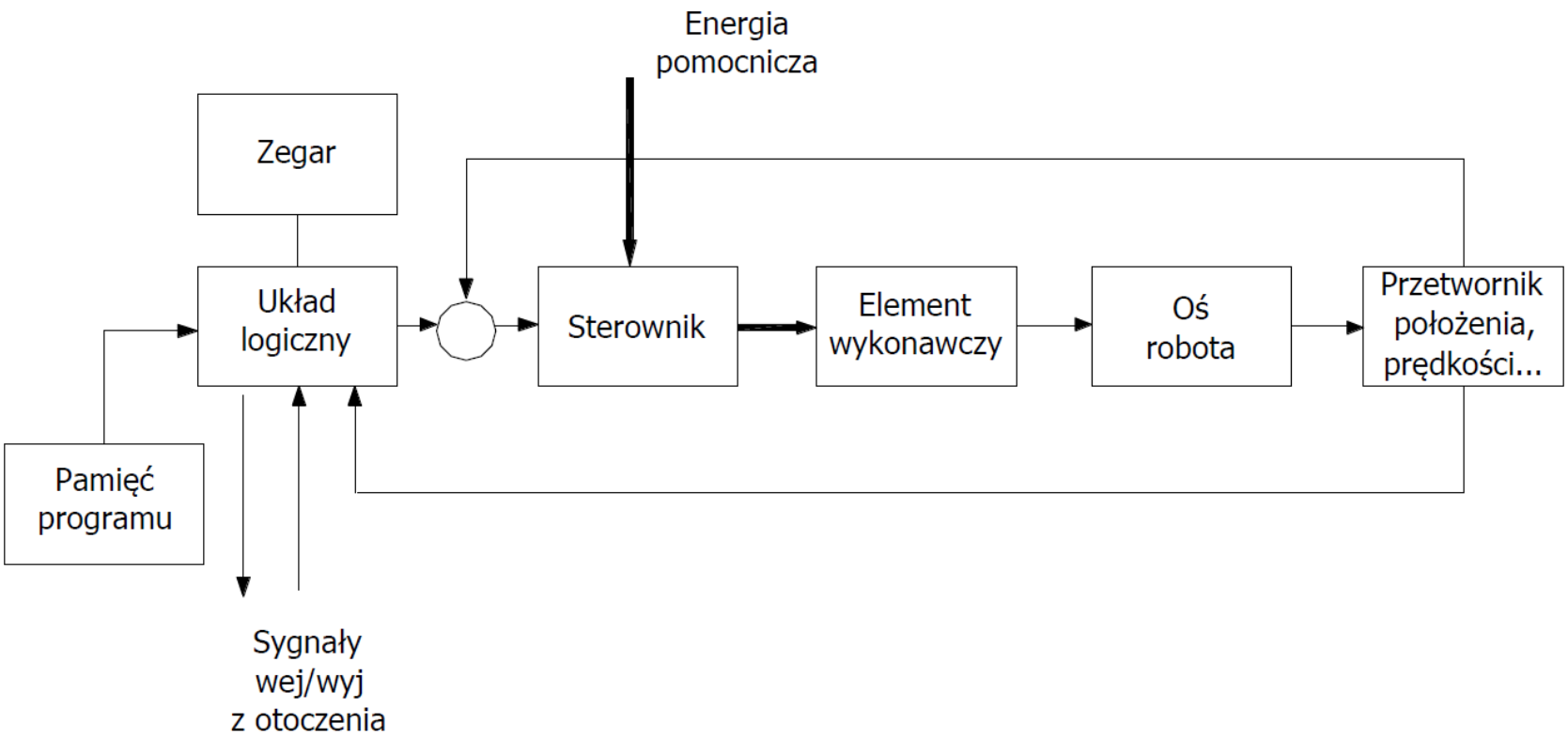
Schemat funkcjonalny – pozycjonowanie w układzie otwartym



Rysunek: Źródło [2]

Układ sterowania

Schemat funkcjonalny – pozycjonowanie w układzie zamkniętym



Rysunek: Źródło [2]

Cechy charakterystyczne:

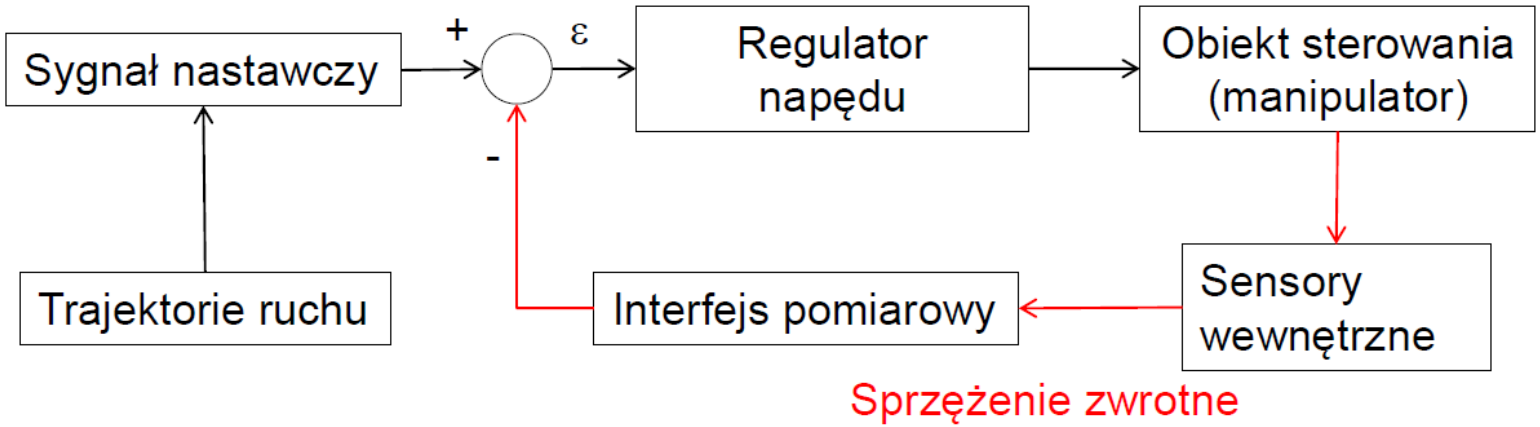
- roboty nie posiadające czujników zewnętrznych,
- sterowanie w układzie otwartym bez sprzężenia zwrotnego od otoczenia,
- zaprogramowane na wykonanie pewnej określonej sekwencji czynności,
- istnieje możliwość przeprogramowania w celu adaptacji do nowego zadania,

Robot a otoczenie:

- W momencie wystąpienia różnic zaprogramowanego środowiska z rzeczywistym otoczeniem, robot pierwszej generacji realizuje program niezależnie od zmian w otoczeniu.

Układ sterowania

Robot I generacji



Rysunek: Źródło [2]

Cechy charakterystyczne:

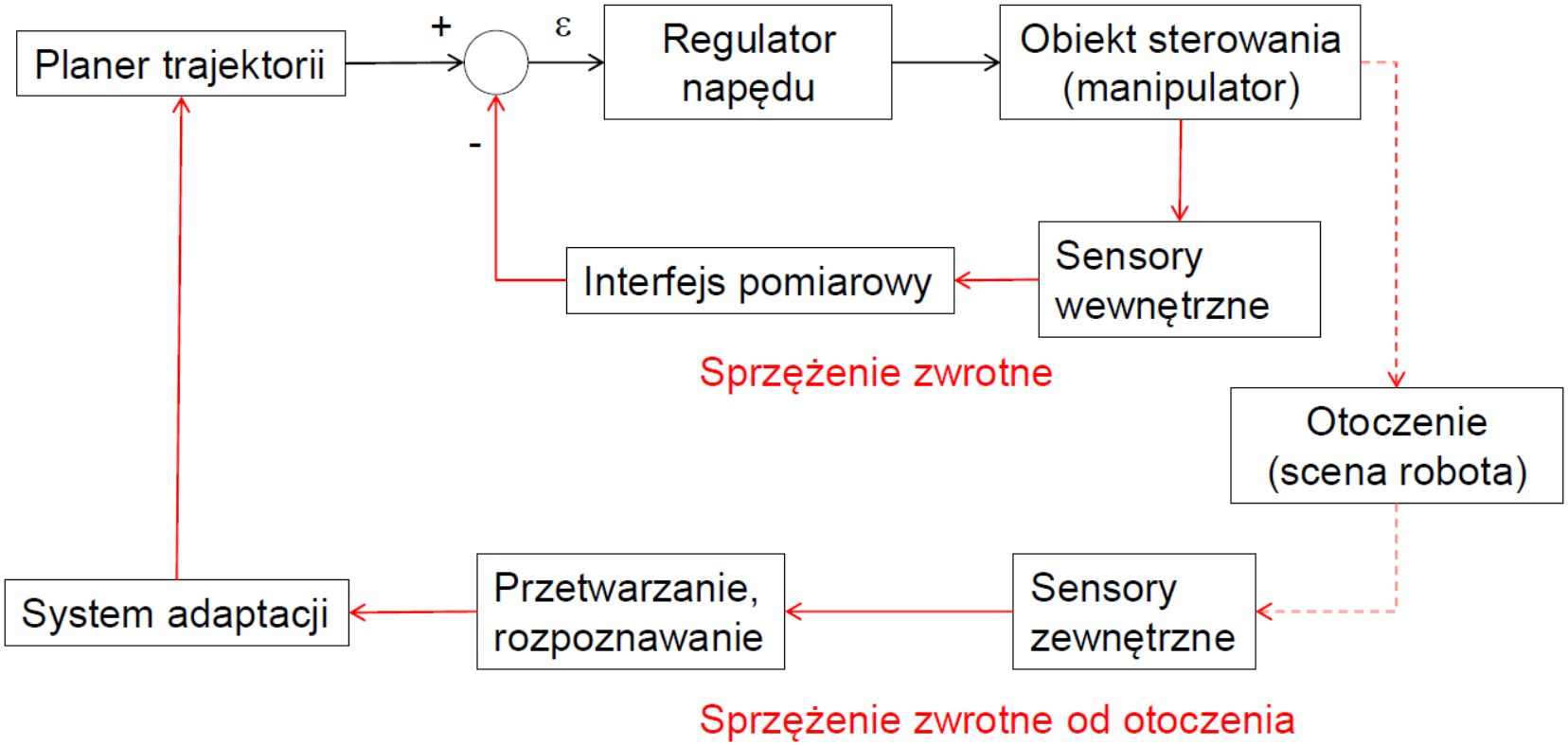
- posiadają czujniki lub układy czujników zewnętrznych,
- sterowanie w układzie zamkniętym ze sprzężeniem zwrotnym od otoczenia,

Robot a otoczenie:

- Czujniki zewnętrzne umożliwiają wykrywanie zmian w otoczeniu robota oraz elastyczne reagowanie na te zmiany.

Układ sterowania

Robot II generacji



Rysunek: Źródło [2]

Generacje robotów

III-V generacja

Cechy charakterystyczne:

- posiadają czujniki lub układy czujników zewnętrznych,
- możliwość dokonywania złożonych pomiarów parametrów otoczenia,
- duże możliwości percepcji otoczenia,
- sterowanie w układzie zamkniętym ze sprzężeniem zwrotnym od otoczenia,

Robot a otoczenie:

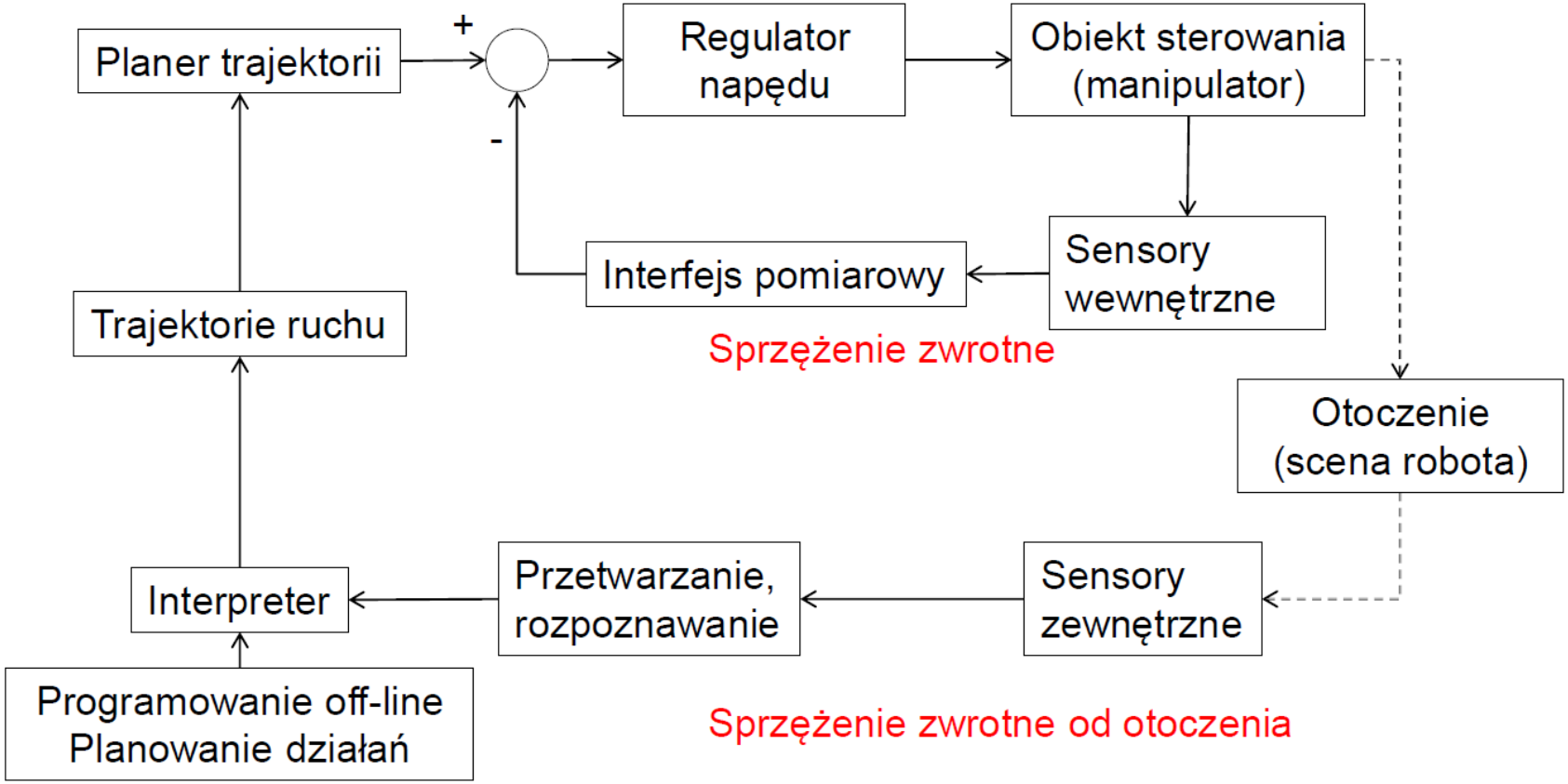
- duże możliwości adaptacji do zmieniających się warunków.

Wsparcie sterowników przez rozwój:

- sztucznej inteligencji,
- systemów wizyjnych,
- sieci neuronowych.

Układ sterowania

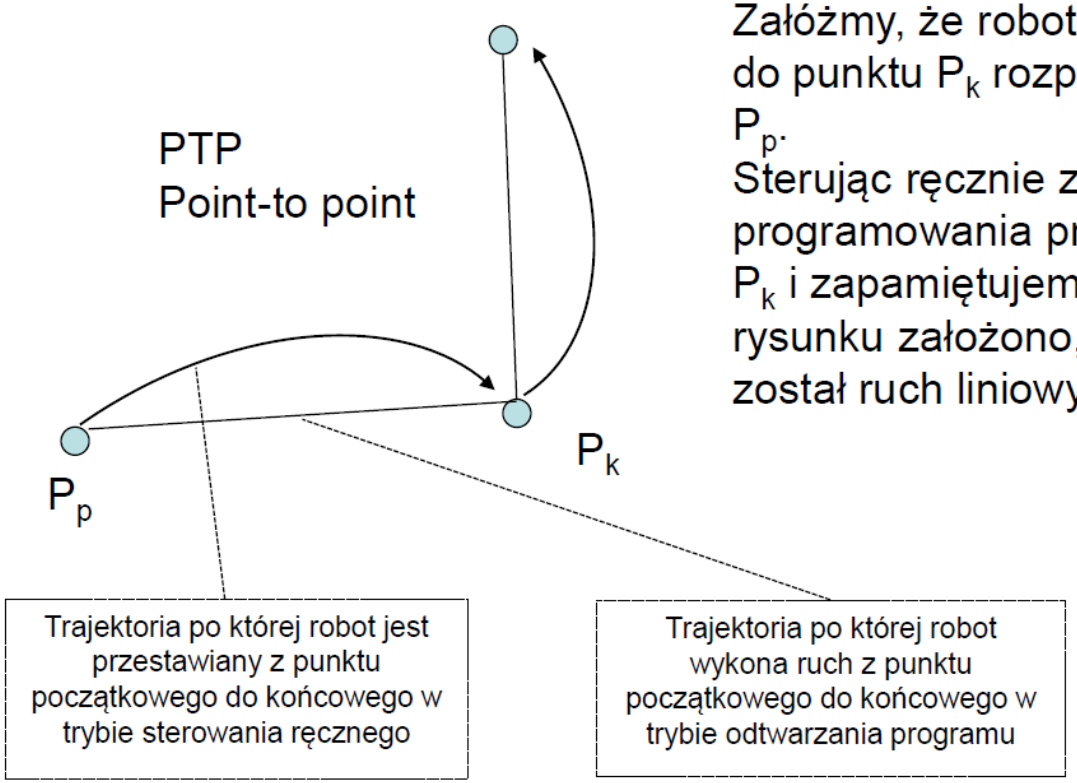
Roboty III-V generacji



Rysunek: Źródło [2]

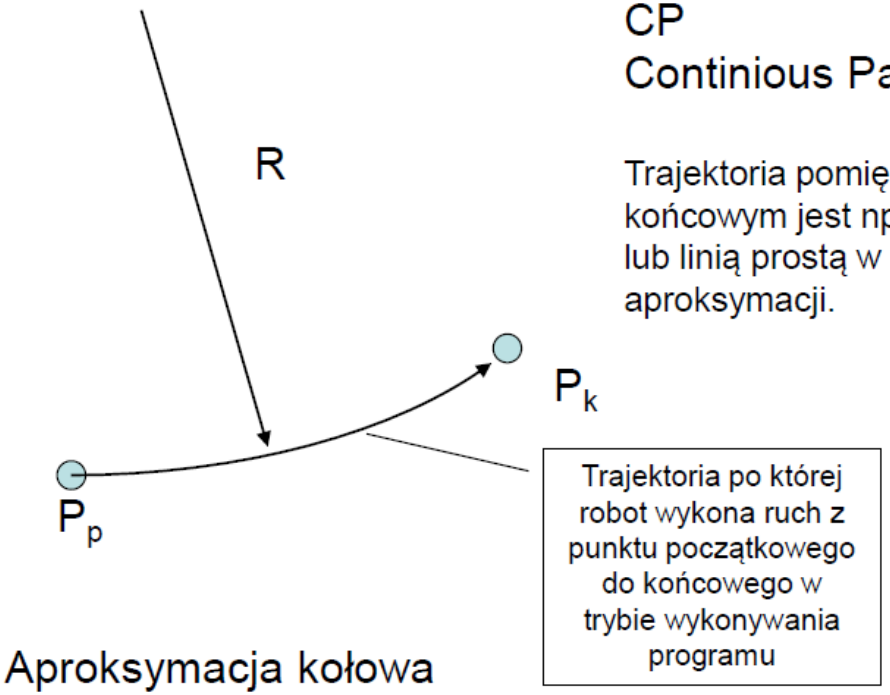
Pozycjonowanie – podstawowe zadanie układu sterowania
Typowe sposoby programowania pozycjonowania poszczególnych przegubów:

- sterowanie punktowe PTP (*point to point*),
- sterowanie ciągłe CP (*continous path*),
- sterowanie wielopunktowe (*multi point*).



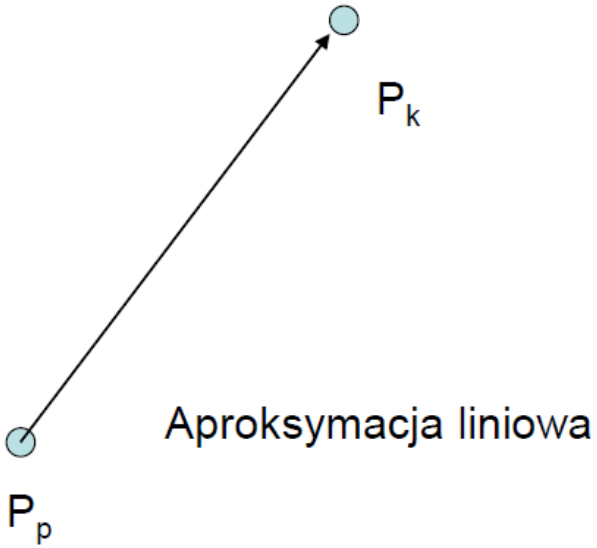
Załóżmy, że robot ma się pozycjonować do punktu P_k rozpoczynając ruch z punktu P_p.
Sterując ręcznie z panelu sterowania i programowania przemieszczamy robota do P_k i zapamiętujemy instrukcję ruchu. Na rysunku założono, że zaprogramowany został ruch liniowy z P_p do P_k .

Rysunek: Źródło [2]



CP
Continious Path

Trajektoria pomiędzy punktem początkowym i końcowym jest np. łukiem okręgu o promieniu R, lub linią prostą w zależności od typu aproksymacji.



Rysunek: Źródło [2]

Podział ze względu na sposoby wyrażania programu działania robota [3]:

- nietekstowe (on line),
- tekstowe, w tym graficzne (off line),
- hybrydowe (zawierające w sobie obie powyższe formy)

Programowanie online:

- programowanie na stanowisku z robotem,
- do dyspozycji panel sterowania ręcznego i programowania (teach pendant),
- programowanie przez uczenie.

Programowanie offline

- programowanie poza stanowiskiem robota,
- brak do dyspozycji panelu sterowania ręcznego i programowania,
- konieczny np. PC, język programowania oraz system programowania OLP (narzędzia modelowania wirtualnego stanowiska)

Cechy języków programowania robotów:

- Nie istnieje jeden standardowy język programowania robotów,
- Języki programowania robotów to wyspecjalizowane firmowe języki wysokiego poziomu,
- Języki programowania robotów są językami wyspecjalizowanymi, co oznacza, że muszą posiadać wyspecjalizowane instrukcje, różne od instrukcji innych ogólnych języków programowania.

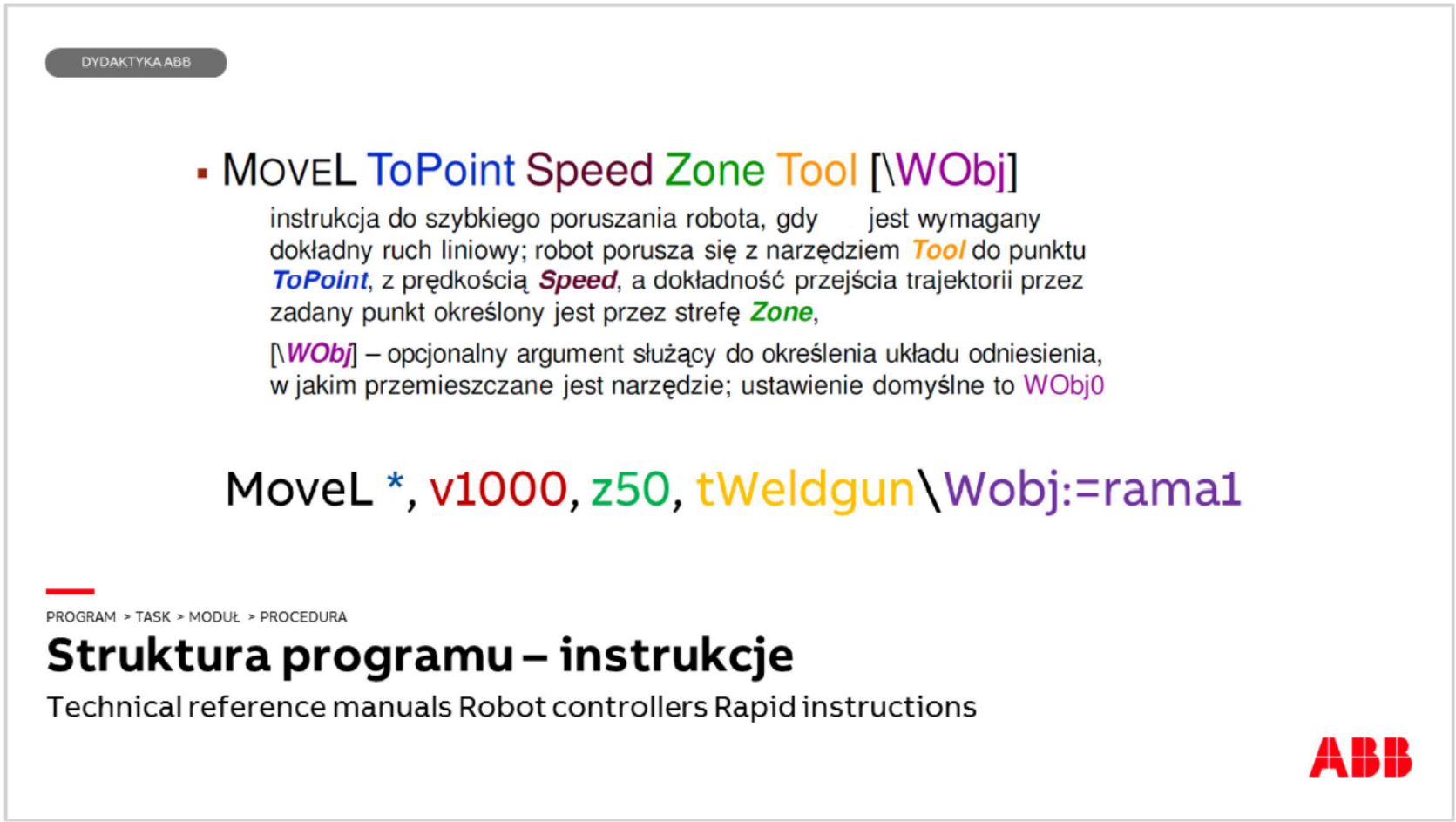
Przykład: chcąc programować robota musimy dysponować instrukcjami ruchów, czy obsługi wejść/wyjść. Ruchy robota mogą być wykonywane według różnych algorytmów. Robot współpracuje na stanowisku z innymi urządzeniami, stąd konieczność programowania szeregu wyjść i wejść itd..

Można wyróżnić kilka grup instrukcji:

- instrukcje opisujące ruch robota (MoveL, MoveJ, MoveC),
- instrukcje definiujące układy współrzędnych (UserFrame, ToolFrame),
- instrukcje opisujące deklarację i obsługę zmiennych,
- instrukcje opisujące obsługę rejestrów i sygnałów I/O (Set, Reset),
- instrukcje sterujące pracą efektora (np. zamknięcie/otwarcie chwytaka)
- instrukcje sterujące przepływem programu (If, For, While, GOTO),
- instrukcje matematyczne,
- instrukcje dedykowane do procesu (np. instrukcje paletyzacji),
- instrukcje dodatkowe.

Język programowania robotów ABB	RAPID
Język programowania robotów Fanuc	Karel
Język programowania robotów KUKA	KRL
Język programowania robotów Kawasaki	AS
Język programowania robotów Universal Robots	URScript
Język programowania robotów Mitsubishi	MELFA-BASIC
Język programowania robotów Festo	FTL
Język programowania robotów Toshiba	SCOL
Język programowania robotów Comau	PDL2
Język programowania robotów Stäubli	VAL3

Rysunek: Źródło [2]

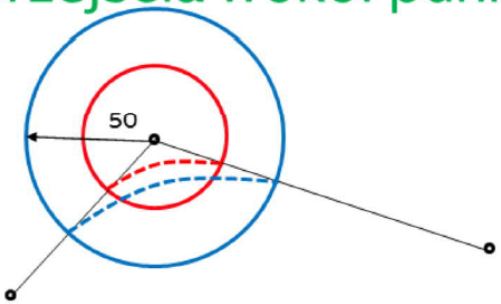


Rysunek: Źródło [4]

DYDAKTYKA ABB

z50 – strefa przejścia wokół punktu

z0
fine



MoveJ *, v1000, z50, tWeldgun\Wobj:=rama1

PROGRAM > TASK > MODUŁ > PROCEDURA

Struktura programu – instrukcje

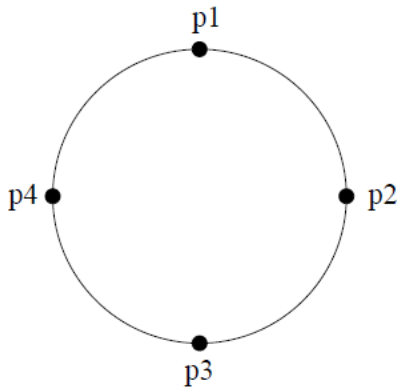
Technical reference manuals Robot controllers Rapid instructions

ABB

Rysunek: Źródło [4]

```
MoveL p1, v500, fine, tool1;
MoveC p2, p3, v500, z20, tool1;
MoveC p4, p1, v500, fine, tool1;
```

Powyższe instrukcje spowodują zakreślenie pełnego okręgu (przy założeniu, że punkty są identyczne z tymi pokazanymi na rysunku 1)



Rysunek 1: Pełny okrąg złożony z dwóch instrukcji `MoveC`

Rysunek: Źródło [4]

Rysunek: Źródło: https://www.wroclaw.pl/wroclawskie-murale-mapa

Podsumowanie

Wstep do robotyki

Było:

- historia, definicje, pojęcia, podział,
- roboty przemysłowe – przykłady, komponenty, specyfikacja,
- układ sterowania,
- programowanie: metody, języki programowania, przykłady.

Będzie:

- liczba stopni swobody, łańcuch kinematyczny, struktura kinematyczna,
- zagadnienia kinematyki i dynamiki robotów.

Będzie później:

- metody planowania ruchu robotów,
- coboty,
- roboty specjalne,
- robotyzacja - statystyki.

Literatura

W oparciu o wykład dr Mireli Kaczmarek *Podstawy Automatyki i Robotyki*

- [1] Kaczmarek M., *Materiały do wykładu Podstawy automatyki i robotyki*
- [2] Kaczmarek W., Panasiuk J. *Robotyzacja procesów produkcyjnych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2017
- [3] Muszyński W., *Materiały do wykładu Podstawy automatyki i robotyki*
- [4] https://automatykaonline.pl/Artykuly/Robotyka/jezyki programowania robotow przemyslowych
- [5] Materiały szkoleniowe firm ABB, FANUC
- [6] Materiały firm FESTO, SHUNK